

MARIA MADALENA SANTOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DA NBR 14.166 COM ÊNFASE
AO POSICIONAMENTO COM O NAVSTAR-GPS**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre no
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas da Universidade Federal do
Paraná.**

Orientadores:

Prof^a. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger

Prof. Dr. Luís Augusto Koenig Veiga

**Curitiba
2004**

Silva, Maria Madalena Santos da

Avaliação das recomendações da NBR 14.166 com ênfase ao posicionamento com o NAVSTAR-GPS / Maria Madalena Santos da Silva. — Curitiba, 2004.

xix, 174 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra.

Orientador: Cláudia Pereira Krueger

Co-orientador: Luís Augusto Koenig Veiga

1. Sistema de Posicionamento Global. I. Krueger, Cláudia Pereira.
II. Veiga, Luís Augusto Koenig. III. Título.

CDD 20 526.982

**“AVALIAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DA NBR 14.166 COM
ÊNFASE AO POSICIONAMENTO COM O NAVSTAR-GPS”**

POR

MARIA MADALENA SANTOS DA SILVA

Dissertação nº 172 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre
no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Curitiba, 16 de abril de 2004.



Prof^ª. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger (UFPR) - Orientadora e Presidente



Prof. Dr. Nicola Paciléo Neto - Membro (POLIUSP)



Prof. Dr. Pedro Luís Faggion – Membro (UFPR)

DEDICATÓRIA

Dedica-se este trabalho:

A minha filha Mariana, que é minha fonte de amor e coragem para vencer os desafios da vida.

A meu querido marido Germano, por todo companheirismo, amor e compreensão ao longo desses anos de convivência em comum.

A meu pai Wilson, e a meu irmão José Mário por todo amor e apoio dispensados a mim.

Aos queridos Deda, Geraldo e Taty, que são além grandes amigos, meus irmãos por opção.

A minha amiga e professora Cláudia P. Krueger pela amizade e atenção dedicadas a mim.

E principalmente a minha amada mãe Maria que superou suas dificuldades de saúde e dedicou-se a mim durante todos os anos de minha vida.

Só o amor é capaz de vencer as barreiras da separação, de aproximar as criaturas, de solidificar amizades.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

À Verali Mônica Kleuser, Secretária do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo fornecimento da bolsa de estudo.

A Prof^a. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger, pela amizade e dedicação na orientação deste trabalho.

Ao Prof^o. Dr^o. Luís Augusto Koenig Veiga, pela amizade e apoio na orientação deste trabalho.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pela contribuição no desenvolvimento deste estudo.

Aos bolsistas do Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE) e do Laboratório de Instrumentação Geodésica (LAIG) da UFPR, pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

A todos colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná pela amizade e disponibilidade em auxiliar-me durante o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xvi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xx
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVOS	02
1.2 JUSTIFICATIVA	03
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA	04
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	07
2.1 SISTEMA DE COORDENADAS	07
2.1.1 Coordenadas Plano-Retangulares (X,Y)	07
2.1.2 Coordenadas Geodésicas (ϕ , λ e h)	07
2.2 SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL – STL	08
2.2.1 Plano Topográfico	09
2.2.2 Plano Topográfico Local – PTL	09
2.2.3 Área de Abrangência do Sistema Topográfico Local	09
2.3 MARCO GEODÉSICO	10
2.3.1 Marco Geodésico de Precisão	10
2.3.2 Marco Geodésico de Apoio Imediato.....	11
2.3.3 Implantação e Monumentação de Marcos Geodésicos	11
2.4 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA	12
2.4.1 Sistema Geodésico Brasileiro – SGB.....	12

2.4.1.1	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC	13
2.4.1.2	Rede Planimétrica Passiva do Sistema Geodésico Brasileiro	13
2.4.1.3	Estabelecimento das Redes Estaduais GPS	14
2.5	LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS	15
2.5.1	Levantamentos Geodésicos de Precisão (Âmbito Nacional).....	15
2.5.2	Levantamentos Geodésicos para fins Topográficos (Local)	15
3	POSICIONAMENTO POR GPS (<i>GLOBAL POSITIONING SYSTEM</i>)	16
3.1	PRINCÍPIO BÁSICO DE POSICIONAMENTO COM O GPS.....	19
3.2	SINAIS TRANSMITIDOS PELOS SATÉLITES GPS.....	20
3.3	ERROS DO SISTEMA GPS	21
3.3.1	Erro da Órbita	22
3.3.2	Erro nas Coordenadas	23
3.3.3	Sinais Refletidos (Multicaminho).....	23
3.3.4	Erros Atmosféricos	24
3.4	SISTEMA DE REFERÊNCIA DO NAVSTAR-GPS	25
3.5	MÉTODOS DE POSICIONAMENTO	25
3.5.1	Método de Posicionamento Relativo	26
3.5.2	Método de Posicionamento Relativo Estático	26
4	IONOSFERA	28
5	ESPECIFICAÇÕES NA NORMA NBR 14.166	37
5.1	SEQÜÊNCIA DE PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL	37
5.2	REQUISITOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA RREFCM DE ACORDO COM A NBR 14.166	37
5.2.1	Quanto aos Marcos Geodésicos de Apoio Imediato	38
5.2.2	Quanto ao Sistema Topográfico Local	39
5.2.3	Determinação do Sistema Topográfico Local – STL	39
5.2.4	Requisitos para Levantamento de Ponto de Apoio Utilizando GPS .	41

6	CASOS EM ESTUDO, EQUIPAMENTOS, PROGRAMAS E MÉTODOS EMPREGADOS	43
6.1	EQUIPAMENTOS, PROGRAMAS E MÉTODOS UTILIZADOS	48
6.1.1	Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 1 (Litoral 1998)	48
6.1.2	Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 2 (Tunas do Paraná)	48
6.1.3	Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul).....	49
6.1.4	Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 4 (Litoral 2000)	49
6.2	PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS	50
6.3	MÉTODOS EMPREGADOS PARA O PROCESSAMENTO	52
7	RESULTADOS E ANÁLISES	57
7.1	<i>PROCEDIMENTOS E ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO</i>	
	PARA OBTENÇÃO DOS RESULTADOS DE TODOS OS GRUPOS E DADOS	57
7.2	PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE E RESULTADOS ALCANÇADOS	61
7.2.1	Linhas de Bases Longas – Grupo 1 (litoral 1998) – Implantação de Marco Geodésico	64
7.2.1.1	Análise do Erro Bidimensional Resultados do Grupo 1 (Litoral 1998) – para Linhas de Base Longas	67
7.2.1.2	Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 1 (Litoral 1998) Para Linhas de Base Longas	68
7.2.2	Linhas de Bases Longas – Grupo 4 (Litoral 2000) – Implantação de Marco Geodésico	69
7.2.2.1	Análise do Erro Bidimensional Grupo 4 (Litoral 2000) – Linhas de	

	Base Longas	72
7.2.2.2	Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 4 (Litoral 2000) – Linhas de Base Longas	74
7.2.3	Linhas de Base Longas – Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) – Implantação da Rede de Referencia Cadastral Municipal	75
7.2.3.1	Análise do Erro Bidimensional Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) – Linhas de Base Longas	78
7.2.3.2	Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) – Linhas de Base Longas	80
7.2.4	Linhas de Base Longas –Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul) – Implantação da Rede de Referencia Cadastral Municipal	81
7.2.4.1	Análise do Erro Bidimensional Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul) –Linhas de Base Longas	86
7.2.4.2	Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul) – Linhas de Base Longas	88
7.3	PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE CURTAS (DENSIFICAÇÃO DE MARCOS DE APOIO IMEDIATO NA ÁREA DE ESTUDO E RESULTADOS ALCANÇADOS	89
7.3.1	Bases Curtas na Região do Litoral do Paraná - Grupos 1 e 4	90
7.3.1.1	Análise do Erro Bidimensional nos Pontos TREV e TENG (anos 1998 e 2000)	91
7.3.1.2	Análise da Diferença na Altura Geométrica nos Pontos TREV e TENG (anos 1998 e 2000)	93
7.4	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE IONOSFÉRICA NOS PROCESSAMENTO DOS GRUPOS DE DADOS	94
7.4.1	Dados do Grupo 1 (Litoral 1998)	94
7.4.2	Dados do Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999)	98
7.4.3	Dados do Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999)	100

7.4.4	Dados do Grupo 4 (Litoral 2000)	103
7.5	TRANSFORMAÇÃO DAS COORD. GEODÉSICAS (WGS 84) PARA COORDENADAS DO SISTEMA TOPOGRÁFICO	106
7.5.1	Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS 84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região do Litoral (Grupos 1 e 4)	107
7.5.1.1	Cálculo dos Desvios-Padrão de acordo com a NBR 14.166 para os Dados dos Grupos 1 e 4 – Litoral 1998	108
7.5.2	Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS 84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região de Tunas do Paraná (Grupo 2)	114
7.5.2.1	Cálculo dos Desvios-Padrão de acordo com a NBR 14.166 para os Dados dos Grupos 2 – Tunas do Paraná 1999	115
7.5.3	Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS 84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região de Ponta Grossa/São Mateus do Sul (Grupo 3)	117
7.5.3.1	Cálculo dos Desvios-Padrão de acordo com a NBR 14.166 para os Dados dos Grupos 3 – Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999.....	118
7.6	IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR	120
8	COMENTÁRIOS FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	124
8.1	COMENTÁRIOS FINAIS	124
8.2	CONCLUSÕES	125
8.3	RECOMENDAÇÕES	127
9	REFERÊNCIAS	130
10	DOCUMENTOS CONSULTADOS	133
	ANEXOS	134
	APÊNDICE I	152

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	ELEMENTOS DO SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL	08
FIGURA 02	ORIGEM DO STL E DISTÂNCIA MÁXIMA A ESTA ORIGEM	10
FIGURA 03	POSICIONAMENTO POR OBSERVAÇÕES DE SATÉLITES ..	17
FIGURA 04	PRINCÍPIO BÁSICO DE POSICIONAMENTO COM O GPS	19
FIGURA 05	ESTRUTURA DO SINAL GPS	20
FIGURA 06	ANTENAS GEODÉSICAS TRIMBLE E ASHTECH	24
FIGURA 07	PERFIL TÍPICO DA IONOSFERA	29
FIGURA 08	ÚLTIMOS CICLOS SOLARES COM O MÁXIMO EM 1989 E 2000/2001	34
FIGURA 09	ÁREAS DE ESTUDO	43
FIGURA 10	ÁREAS DE ESTUDO DO GRUPO 1	44
FIGURA 11	ÁREAS DE ESTUDO DO GRUPO 2	45
FIGURA 12	ÁREAS DE ESTUDO DO GRUPO 3	46
FIGURA 13	CROQUI RRNN'S CENTRO POLITÉCNICO	123

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	SITUAÇÃO DOS STÉLITES (MARÇO 2003).....	18
TABELA 02	CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS GPS	21
TABELA 03	FONTES E EFEITOS DOS ERROS ENVOLVIDOS NO GPS	22
TABELA 04	RESUMO DAS TÉCNICAS COM RESPECTIVAS PRECISÕES	27
TABELA 05	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CAMADAS DA IONOSFERA	30
TABELA 06	RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES DE MEDIDA E TECU	31
TABELA 07	MÁXIMO EFEITO SISTEMÁTICO VERTICAL, DEVIDO À IONOSFERA.....	36
TABELA 08	ESPAÇAMENTO MÍNIMO ENTRE ESTAÇÕES P/ REFERÊNCIA AZIMUTAL	38
TABELA 09	CASOS EM ESTUDO	47
TABELA 10	TEMPO DE PERMANENCIA GRUPO 01 – LITORAL 1998	53
TABELA 11	TEMPO DE PERMANENCIA GRUPO 02 – TUNAS DO PARANÁ 1999	53
TABELA 12	TEMPO DE PERMANENCIA GRUPO 03 – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL	53
TABELA 13	TEMPO DE PERMANENCIA GRUPO 04 – LITORAL 2000	53
TABELA 14	COORDENADAS PADRÃO GRUPO 01 – LITORAL 1998	54
TABELA 15	COORDENADAS PADRÃO GRUPO 02 – TUNAS DO PARANÁ 1999	55
TABELA 16	COORDENADAS PADRÃO GRUPO 03 – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL 1999	55
TABELA 17	COORDENADAS PADRÃO GRUPO 04 – LITORAL 2000	56
TABELA 18	RESUMO DAS ESTRATÉGIAS ADOTADAS	60
TABELA 19	RESUMO DAS ANÁLISES REALIZADAS	63
TABELA 20	SIMBOLOGIA DE PROCESSAMENTO PARA AS ANÁLISES A SEREM REALIZADAS	64
TABELA 21	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 37/98)	65
TABELA 22	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 37/98)	65
TABELA 23	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO CEM1	

	(DIA GPS 41/98)	66
TABELA 24	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41/98)	66
TABELA 25	ERRO BIDIMENSIONAL – PONTO CEM1/98	67
TABELA 26	DIFERENÇA NA ALTURA GEOMÉTRICA – PONTO CEM1/98	68
TABELA 27	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 38/00)	70
TABELA 28	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 38/00)	70
TABELA 29	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41/00)	70
TABELA 30	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41/00)	71
TABELA 31	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 42/00)	71
TABELA 32	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 42/00)	71
TABELA 33	ERRO BIDIMENSIONAL – PONTO CEM1/00	73
TABELA 34	DIFERENÇA NA ALTURA GEOMÉTRICA – PONTO CEM1/00	74
TABELA 35	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO RN2044 ..	76
TABELA 36	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO RN2044	77
TABELA 37	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT07	77
TABELA 38	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT07	77
TABELA 39	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT10	78
TABELA 40	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT10	78
TABELA 41	ERRO BIDIMENSIONAL – TUNAS DO PARANÁ	79
TABELA 42	DIFERENÇA NA ALTURA GEOMÉTRICA – TUNAS DO PARANÁ	80
TABELA 43	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT01 (BASE PONTA GROSSA)	82
TABELA 44	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT01	82
TABELA 45	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT02	

	(BASE PONTA GROSSA)	83
TABELA 46	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT02	83
TABELA 47	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT03 (BASE SÃO MATEUS DO SUL)	84
TABELA 48	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT03	84
TABELA 49	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DO PONTO PT04 (BASE SÃO MATEUS DO SUL)	85
TABELA 50	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO PT04	86
TABELA 51	ERRO BIDIMENSIONAL – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL DIAS GPS 160 E 162	86
TABELA 52	DIFERENÇA NA ALTURA GEOMÉTRICA – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL DIAS GPS 160 E 162	88
TABELA 53	COORDENADAS GEODÉSICAS CALCULADAS DOS PONTOS TREV E TENG (LITORAL 98 E 00)	90
TABELA 54	PARÂMETROSS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DOS PONTOS TREV E TENG (LITORAL 1998 E 2000)	91
TABELA 55	ERRO BIDIMENSIONAL – PONTOS TREV E TENG (LITORAL 1998 E 2000)	91
TABELA 56	DIFERENÇA NA ALTURA GEOMÉTRICA – PONTOS TREV E TENG (LITORAL 1998 E 2000)	93
TABELA 57	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTO CEM1/98	95
TABELA 58	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS PONTO CEM1/98	95
TABELA 59	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTOS TREV E TENG	97
TABELA 60	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS PONTOS TREV E TENG	97
TABELA 61	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTOS RN2044, PT07 E PT10	98
TABELA 62	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS DOS PONTOS RN2044, PT07 E PT10	99
TABELA 63	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04	101
TABELA 64	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS DOS PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04	101

TABELA 65	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTO CEM1/00	103
TABELA 66	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS DO PONTOS CEM1/00...	103
TABELA 67	COORDENADA UTM (SAD-69) – PONTO TENG/00	105
TABELA 68	DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS MARCO TENG/00	105
TABELA 69	COORD. GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO CEM1.....	107
TABELA 70	COORDENADAS PLANO-RETANGULARES (STL) PONTO CEM1	108
TABELA 71	COORDENADA GEODÉSICAS (SAD-69) E COORDENADAS STL DOS PONTOS TREV E TENG	108
TABELA 72	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O PONTO CEM1 DIA 37	110
TABELA 73	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O PONTO CEM1 DIA 41	111
TABELA 74	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O PONTO CEM1 DIA 38	112
TABELA 75	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O MARCO CEM1 DIA 41	112
TABELA 76	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O MARCO CEM1 DIA 42	113
TABELA 77	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADO PARA O MARCO TENG DIAS 38, 41 E 42/00	113
TABELA 78	COORDENADA GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO PARA	114
TABELA 79	COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E PLANO- RETANGULARES (STL) DO PONTO PARA	114
TABELA 80	COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E PLANO- RETANGULARES (STL) DOS PONTOS RN2044, PT07 E PT10	115
TABELA 81	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O PONTO RN2044.....	115
TABELA 82	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E CALCULADO PARA O PONTO PT07	116
TABELA 83	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E CALCULADO PARA O PONTO PT10	116
TABELA 84	COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO BSPG....	117

TABELA 85	COORDENADAS PLANO-RETANGULARES (STL) PONTO BSPG	117
TABELA 86	COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E PLANO-RETANGULARES (STL) PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04	118
TABELA 87	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO C/ A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO PT01.....	118
TABELA 88	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO C/ A NBR 14.166 E CALCULADO PARA O PONTO PT02	119
TABELA 89	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO C/ A NBR 14.166 E O CALCULADO PARA O PONTO PT03	119
TABELA 90	DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO C/ A NBR 14.166 E CALCULADO PARA O PONTO PT04	120
TABELA 91	COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) PONTOS DO CENTRO POLITÉCNICO	121
TABELA 92	COORDENADAS DO SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL – MARCOS EXISTENTES NO CENTRO POLITÉCNICO ..	122

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01	ERRO BIDIMENSIONAL MARCO CEM1 (DIAS GPS 37 E 41) ..	67
GRÁFICO 02	DIFERENÇA ENTRE A ALT. GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA MARCO CEM1 (DIAS 37 E 41)	69
GRÁFICO 03	ERRO BIDIMENSIONAL MARCO CEM1 (DIAS GPS 38,41 E 42)	73
GRÁFICO 04	DIFERENÇA ENTRE A ALT. GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA MARCO CEM1 (DIAS 38, 41 E 42)	74
GRÁFICO 05	ERRO BIDIMENSIONAL GRUPO 2 – TUNAS DO PARANÁ 1999	79
GRÁFICO 06	DIFERENÇA ENTRE A ALT. GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA P/ OS MARCOS BASE, PT07 E PT10	80
GRÁFICO 07	ERRO BIDIMENSIONAL GRUPO 3 – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL 1999	87
GRÁFICO 08	DIFERENÇA ENTRE A ALT. GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA P/ MARCOS PT01, PT02, PT03 E PT04 ..	89
GRÁFICO 09	ERRO BIDIMENSIONAL – MARCOS TREV E TENG (ANOS 1998 E 2000)	92
GRÁFICO 10	DIFERENÇA ENTRE A ALT. GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA P/ MARCOS TREV E TENG	94
GRÁFICO 11	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALCULADAS UTM (SAD-69) – MARCO CEM1	95
GRÁFICO 12	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALCULADAS UTM (SAD-69) – MARCO TREV E TENG	98
GRÁFICO 13	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALC. UTM (SAD-69) – MARCO BASE, PT07 E PT10	99
GRÁFICO 14	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALC. UTM (SAD-69) – MARCOS PT01, PT02, PT03 E PT04	102
GRÁFICO 15	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALC. UTM (SAD-69) – MARCO CEM1/2000	104
GRÁFICO 16	DIFERENÇA ENTRE AS COORD. PADRÃO E AS CALC. UTM (SAD-69) – MARCO TENG/2000	105

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
A/S	ANTI-SPOOFING
C/A	CÓDIGO DE FÁCIL ACESSO
DER-PR	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGENS DO ESTADO DO PARANÁ
GPS	GLOBAL POSITIONING SYSTEM
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IGS	INTERNATIONAL GPS SERVICE FOR GEODYNAMICS
LAGE	LABORATÓRIO DE GEODÉSIA ESPACIAL
LC	COMBINAÇÃO LINEAR IONOSPHERE FREE
NAVSTAR	NAVIGATION SYSTEM WITH TIME AND RANGING
P	CÓDIGO PRECISO
RBMC	REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO
RMS	ROOT MEAN SQUARE (ERRO MÉDIO QUADRÁTICO)
RREFCM	REDE DE REFERENCIA CADASTRAL MUNICIPAL
PTL	PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL
S/A	SELECTIVE AVAILABILITY
SAD-69	SOUTH AMERICAN DATUM OF 1969
SEMA	SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ
SCB	SISTEMA CARTOGRÁFICO BRASILEIRO
SGB	SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO
SID	SUDDEN IONOSPHERIC DISTURBANCE
STL	SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL
TEC	CONTEÚDO TOTAL DE ELÉTRONS
TECU	UNIDADE DO CONTEÚDO TOTAL DE ELÉTRONS
UFPR	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
WGS-84	WORLD GEODETIC SYSTEM OF 1984
WL	WIDE LANE

RESUMO

A constante evolução da tecnologia na área da Geodésia, vem proporcionando um debate pela comunidade científica com relação aos equipamentos e técnicas empregados nos levantamentos geodésicos. Esta pesquisa desenvolveu uma investigação com relação às recomendações da NBR 14.166 (Rede de Referência Cadastral Municipal) quando utilizado o *Global Positioning System* (GPS) no auxílio à densificação do apoio geodésico básico, necessário para a implantação das redes de referências cadastrais. Para isso, partindo-se dos pontos de apoio geodésico básico existentes nas regiões de estudo, determinou-se as coordenadas dos pontos geodésicos de apoio imediato. Foram avaliados os dados GPS referentes aos anos de 1998, 1999 e 2000, sendo esses anos de média e alta atividade ionosférica. Buscando avaliar as precisões fornecidas pelas diversas estratégias de processamento empregadas, foram analisados os resultados de bases curtas (até 18 km) e bases longas (de 22 a 89 km), processadas com dois programas distintos para a detecção do chamado “Ruído do Software”, também desenvolveu-se uma discussão sobre o emprego das diversas técnicas de processamento e suas respectivas precisões, além de avaliar-se a interferência da atividade ionosférica. Uma das constatações desta pesquisa trata da recomendação da norma em estudo em empregar receptores de monofrequência para linhas de bases de até 50 km, o que para os casos analisados, comprovou ser inviável.

ABSTRACT

The constant evolution of technology into the geodesy area have been proportionate a discussions by the scientific community about the equipments and techniques to be used in geodetic surveys. This research has developed to observe the useful of global positioning system (GPS) to assist the basic geodetic support densification, necessary to the cadastral referential nets implementation, according to the NBR 14.166 recommendations. In this way, Starting from the basic geodetic stations in the studied region, the coordinates of the new geodetic stations were estimated. The GPS data from 1998, 1999 e 2000 were evaluated where the ionosphere activity for that period of time was medium and high. To evaluate the precisions through several data processing strategies, analysis of the results for short baselines (até 18 km) and long baselines (of 22 a 89 km) was performed, where the GPS data was processing with two deferent's programs to detect the well call "Software noise", also a discussion about the different processing techniques and its precisions was developed including the evaluations of influences of ionosphere activities. One of the ascertainment of this research is related to recommendation to use the simple frequency receivers for baselines up to 50 Km contained in the analyzed norm which, for all the analyzed cases, was unfeasible.

1 INTRODUÇÃO

No fim dos anos 90, a publicação da NBR 14.166 veio padronizar a implantação e monumentação de redes de referência cadastrais municipais, bem como todos os procedimentos para a sua determinação. Esta norma orienta, fixa as diretrizes gerais e impõe critérios de aceitação na implantação da Rede de Referência de Cadastro Municipal - RREFCM. Esta rede, quando devidamente vinculada à rede oficial, contribui de maneira decisiva ao apoio dos trabalhos de cadastro. Hoje, a necessidade de suprir as deficiências cadastrais torna-se evidente, tanto pela organização da infra-estrutura urbana como nas regularizações de propriedades. No desejo de suprir essas carências, o GPS (*Global Positioning System*) tornou-se um grande aliado em levantamentos cadastrais como por exemplo, nas densificações do apoio geodésico básico. Suas principais qualidades são: facilidade de operação, baixo custo e abrangência de uso, pois é possível coletar informações nos locais mais remotos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR 14.166 de agosto de 1998, define a Rede de Referência Cadastral Municipal – RREFCM como sendo uma rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros e etc., sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno e referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro – SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica. De forma mais específica, as finalidades da RREFCM são: apoiar a elaboração e atualização de plantas cadastrais municipais; amarrar, de um modo geral todos os serviços de topografia visando as incorporações às plantas cadastrais do município; e referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia

em geral, de urbanização, de levantamentos de obras construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

Este trabalho pretende analisar as diretrizes estabelecidas pela NBR 14.166 e quando necessário analisar os requisitos referentes ao posicionamento com GPS. Como contribuição adicional, será estabelecida uma RREFCM de acordo com a NBR 14.166, tendo como origem do Sistema Topográfico Local (STL), um marco situado no Campus da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar as recomendações da norma NBR 14.166 relacionadas ao posicionamento por satélites, analisando seus procedimentos e confrontando-a com a situação atual da geodésia através da utilização de satélites do sistema NAVSTAR-GPS.

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Analisar as linhas de base formadas em posicionamentos relativos estáticos e suas precisões para a situação limite do Sistema Topográfico Local - STL;
- Avaliar a pertinência da influência da atividade ionosférica para determinação de coordenadas de pontos de apoio;
- Considerar a rede de marcos existente no Campus do Centro Politécnico, que tem um de seus marcos como origem do Sistema Topográfico Local (STL), para o estabelecimento da Rede de Referência Cadastral Municipal (RREFCM);
- Definir as necessidades de densificação de marcos geodésicos de precisão para apoio nos levantamentos de cadastro e topografia realizados pela Prefeitura do Campus da UFPR, através da

determinação das coordenadas de algumas RRNN existentes no Campus;

- Elaborar um programa computacional para conversão de coordenadas geodésicas em coordenadas planas do STL, utilizando o formulário de Puissant (problema inverso da Geodésia) indicado no anexo A da NBR 14.166, incluindo a correção da convergência meridiana; e
- Elaborar um programa computacional para conversão de coordenadas do sistema WGS-84 (GPS) em coordenadas geodésicas do sistema de referência adotado no Brasil – SAD-69.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho visa implantar uma Rede de Referência Cadastral Municipal, com a origem do sistema em um marco existente no Campus da UFPR, utilizando os conceitos apresentados na NBR 14.166. Esta tarefa implicará em discussões sobre os métodos recomendados, bem como suas prescrições e como justificativa tem-se a necessidade de comprovar a eficiência ou não dos métodos propostos e nos casos necessários recomendar uma nova metodologia.

O avanço da tecnologia coloca a disposição de todos, equipamentos e técnicas que permitem obter resultados de forma cada vez mais rápida, objetivando uma melhoria na precisão. Porém, um debate sobre suas aplicabilidades torna-se necessário.

A norma NBR 14.166, objeto da pesquisa, nos tópicos relacionados ao posicionamento com GPS não menciona alguns detalhes importantes para a minimização de erros nos resultados finais dos posicionamentos. De acordo com a palestra do Prof.º Dr.º Ing Günter Seeber no curso ministrado na UFPR durante o III

Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, “a maior atividade ionosférica, a habilidade do operador na manipulação, o processamento e ajustamento dos dados e o programa utilizado para processamento, embutem no resultado final ruídos. Estes ruídos podem implicar em um comprometimento da coordenada final quando se faz um posicionamento preciso” (SEEBER, 2003a).

Desta forma, é pertinente e evidente a necessidade de se avaliar e analisar estas influências em posicionamentos de precisão. Logo, um estudo sobre o tema deve ser iniciado em benefício do resultado almejado com o posicionamento por GPS para fins de implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RREFCM).

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta dissertação foi estruturada em 9 capítulos. A seguir é apresentada uma breve descrição de cada capítulo para oferecer ao leitor uma visão global da pesquisa.

O capítulo 2, apresenta os conceitos fundamentais sobre sistema de coordenadas de acordo com a literatura, apresenta para o sistema topográfico local (STL) os conceitos e sub-itens deste tópico de acordo com a norma NBR 14.166. Descreve também as definições para os marcos geodésicos de acordo com a norma. Apresenta o sistema geodésico de referência e suas derivações. E finalmente, descreve os levantamentos geodésicos de acordo com as recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No capítulo 3, estão apresentados os princípios básicos do NAVSTAR-GPS, os sinais transmitidos, os erros do sistema e o sistema de referência utilizado. Na sequência deste capítulo são apresentados os métodos de posicionamento e suas respectivas técnicas.

O capítulo 4, trata sobre o tema ionosfera e suas características, o comportamento da propagação dos sinais através dela e da troposfera. Ainda neste

capítulo são consideradas as variações temporais que ocorrem em regiões da ionosfera, a influência da atividade solar nesta camada e as suas principais regiões. Finalmente são apresentados os efeitos da ionosfera na propagação dos sinais do sistema GPS.

O capítulo 5, trata das especificações da norma NBR 14.166 com relação às seqüências de procedimentos e dos requisitos gerais para implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal (RREFCM).

No capítulo 6, são apresentados os casos em estudo nesta pesquisa. Para um melhor entendimento do leitor, neste capítulo são definidas as divisões dos grupos de dados de acordo com o ano do levantamento. As localizações dos marcos ocupados são descritas e as áreas de estudo são apresentadas em um croqui. Na seqüência deste capítulo são descritos os equipamentos utilizados nos levantamentos de campo, os métodos e técnicas de posicionamento com GPS empregados para coleta de dados e os programas computacionais utilizados para processamento dos dados e análise dos resultados. E na complementação deste capítulo é apresentada a metodologia empregada para implantação das bases e determinação das coordenadas padrão.

No capítulo 7, são apresentados os procedimentos e estratégias empregadas para a obtenção dos resultados de todos os grupos. Os resultados se referem aos processamentos de linhas de base longas, empregadas para implantação de um marco geodésico na região de estudo. Para chegar-se a esses resultados, foram feitas análises com relação ao erro bidimensional e a diferença na altura geométrica. Também são apresentados os resultados gerados pelo processamento de linhas de base curtas, idealizadas para a densificação dos marcos de apoio imediato nas áreas de estudo. Para esses dados também foram analisados o erro bidimensional e a diferença na altitude elipsoidal. Ainda foram efetuadas as análises com relação a influência da atividade ionosférica nos resultados obtidos. Para avaliar essa interferência, as coordenadas padrão foram comparadas às coordenadas calculadas. E na conclusão deste capítulo, foram realizadas as transformações entre as coordenadas geodésicas referidas ao

WGS-84 para as coordenadas do STL, em todos os grupos. E finalmente os resultados da implantação de um sistema topográfico local no campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

O capítulo 8 trata das recomendações e conclusões obtidas no desenvolvimento desta pesquisa.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para fornecer uma perfeita compreensão do tema, se faz necessária a revisão de alguns conceitos básicos pertinentes ao assunto. Desta forma, durante esta seção serão apresentados conceitos existentes na bibliografia clássica e nas normas que serão citadas.

2.1 SISTEMAS DE COORDENADAS

2.1.1 Coordenadas Plano-Retaangulares (X,Y)

Segundo a NBR 14.166 (1998, p.05) define-se coordenadas plano-retangulares como sendo:

Coordenadas cartesianas definidoras da localização planimétrica dos pontos medidos no terreno e representados no plano topográfico do sistema topográfico local, cuja origem está no ponto de tangência deste plano com a superfície de referência adotada pelo Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

2.1.2 Coordenadas Geodésicas (ϕ , λ e H)

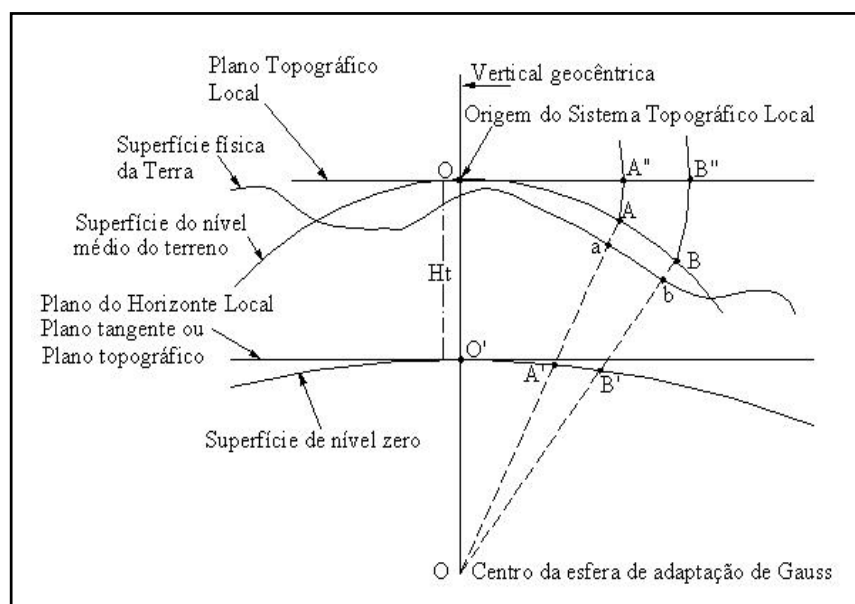
As coordenadas geodésicas são estabelecidas sobre o elipsóide de referência. A latitude geodésica (ϕ) de um ponto P contido na superfície física é o ângulo que a normal ao elipsóide, passando pelo ponto P, forma com a sua projeção equatorial P'. A longitude geodésica (λ) é o ângulo compreendido entre os meridianos geodésico de Greenwich (origem) e o do ponto P (positiva a leste), ou de qualquer ponto sobre a normal. A altura geométrica (H) é a distância de P ao elipsóide, contada sobre a normal (MONICO, 2000, p.87).

2.2 SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL – STL

De acordo com a NBR14.166 (1998, p.05), define-se Sistema Topográfico Local (figura 01) como sendo:

Este é um sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um levantamento topográfico com origem em um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem do sistema, no pressuposto de que haja, na área de abrangência do sistema, a coincidência da superfície de referência com a do plano tangente, sem que os erros, decorrentes da abstração da curvatura terrestre, ultrapassem os erros inerentes às operações topográficas de determinação dos pontos do levantamento, compreendendo os elementos definidos na figura 01 e nos elementos descritos na sequência deste capítulo.

FIGURA 01 – ELEMENTOS DO SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL



FONTE: (MARCOUIZOS , 1997, p.41)

$A''O$: é a representação do arco OA sobre o Plano Topográfico Local;

OB'' : é a representação do arco OB sobre o Plano Topográfico Local;

$A''B''$: é a projeção (representação) em verdadeira grandeza de AB sobre o PTL;

H_t : altitude média do terreno;

ab : distância inclinada entre a e b ;

$A'B''$: distância horizontal entre a e b; e

$AB > A'B'$.

2.2.1 Plano Topográfico

Segundo a NBR 14.166 (1998, p.07), define-se plano topográfico como:

É a superfície definida pelas tangentes, no ponto origem do Sistema Topográfico, ao meridiano deste ponto e à geodésica normal a este meridiano. O plano topográfico é tangente ao elipsóide de referência no ponto de origem do sistema topográfico, tendo sua dimensão máxima limitada a aproximadamente 70 km, a partir da origem do sistema topográfico local. A dimensão máxima do plano topográfico é a metade da diagonal de um quadrado de 100 km de lado, correspondente a área máxima de abrangência do Sistema Topográfico Local. O plano topográfico deve ser elevado ao nível médio do terreno da área onde será implantado o plano topográfico, para a caracterização do plano topográfico local pela imposição de um fator de elevação aplicado às coordenadas plano retangulares de todos os pontos levantados geodésica e topograficamente e nele representado.

2.2.2 Plano Topográfico Local - PTL

De acordo com a norma NBR 14.166 (1998, p.07), plano topográfico local é definido como:

É caracterizado pela elevação do plano topográfico ao nível médio do terreno da área de abrangência do Sistema Topográfico Local, segundo a normal à superfície de referência no ponto de origem do sistema (ponto de tangência do plano topográfico de projeção no elipsóide de referência).

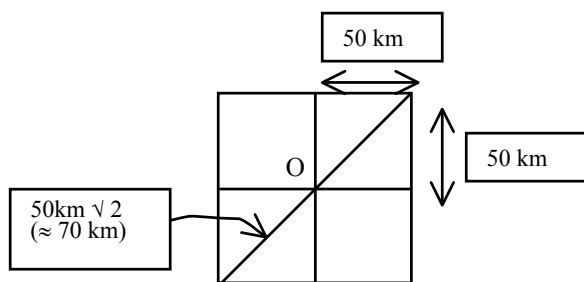
2.2.3 Área de Abrangência do Sistema Topográfico Local (STL)

A área de abrangência do STL será função da precisão requerida para a determinação das posições dos pontos adquiridos pelo levantamento topográfico e do erro decorrente da desconsideração da curvatura terrestre, que por sua vez, é função da

distância do ponto mais afastado do levantamento em relação à origem do sistema. Os valores ideais para as dimensões radiais à origem determinantes da área de abrangência do sistema são:

- de modo geral: 80 km para um erro relativo máximo de 1:15.000;
- para cartografia de âmbito municipal: 70 km para um erro relativo máximo de 1:20.000; e
- para cartografia, em áreas urbanas e especiais: 35 km para um erro relativo máximo de 1:100.000 (MARCOUIZOS et al., 1997, p.38).

FIGURA 02 – ORIGEM DO STL E DISTÂNCIA MÁXIMA A ESTA ORIGEM



FONTE: NBR 14.166 ,1998, p.06

2.3 MARCO GEODÉSICO

Conforme a NBR 14.166 (1998, p.03) define-se marco geodésico como:

Ponto geodésico planimétrico da Rede de Referência Cadastral implantado e materializado no terreno.

2.3.1 Marco Geodésico de Precisão

As coordenadas conhecidas deste tipo de marco geodésico, podem ser obtidas através de poligonação, triangulação, trilateração, dupla irradiação, rastreamento de satélites do sistema NAVSTAR-GPS no método diferencial ou outro

método geodésico que vier a ser desenvolvido, com a finalidade de transportar o apoio geodésico básico do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB – às proximidades e/ou ao interior da área municipal (NBR 14.166, 1998, p.03).

2.3.2 Marco Geodésico de Apoio Imediato

Este marco geodésico, pode ser caracterizado através de poligonação, triangulação, trilateração, dupla irradiação, rastreamento de satélite do sistema NAVSTAR-GPS no método diferencial ou por outro método geodésico que vier a ser desenvolvido, a partir de marco de precisão, destinando-se a densificar o apoio geodésico básico, assegurando o suporte necessário à qualidade das operações topográficas visando ao apoio suplementar de campo para os levantamentos aerofotogramétricos e ao apoio topográfico aos levantamentos para o parcelamento de obras de engenharia em geral (NBR 14.166, 1998, p.03).

2.3.3 Implantação e Monumentação de Marcos Geodésicos

Segundo a norma NBR 14.166 (1998, p.12) em seu item 6.3.2 sub-itens i e k a implantação de monumentação dos marcos geodésicos devem obedecer as seguintes recomendações:

- i) implantação dos marcos geodésicos, de controle ou de apoio imediato, deve ser feita em locais com a proteção adequada, tais como: próprios do estado, campus de universidades, escolas, etc., com monumentação estável e visibilidade para aplicação de metodologia clássica, evitando-se também locais onde haja a possibilidade de implantação de obras futuras que possam vir a prejudicar a estabilidade do marco e sua utilização;
- k) nos marcos geodésicos devem ser afixadas placas de aço inoxidável com 1 mm de espessura, nas dimensões 15 cm x 10 cm onde devem constar:
 - 1) a expressão Marco Geodésico;
 - 2) número ou nome;
 - 3) classificação;

- 4) órgão executor e departamento responsável pela implantação;
- 5) os dizeres: Este marco é um Patrimônio Público de significativa importância. Favor não destruí-lo, danificá-lo, obstruir sua visibilidade ou movê-lo, sem antes consultar o órgão executor, através de seu departamento responsável indicado acima.

2.4 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

O Sistema Geodésico é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitadas pelas fronteiras do país – pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatíveis com as finalidades a que se destinam (ROCHA e BRANDÃO, 1997, p.02).

2.4.1 Sistema Geodésico Brasileiro – SGB

Os termos e definições relacionados ao Sistema Geodésico Brasileiro foram estruturados a partir de bibliografia encontrada em IBGE (2003a).

O Decreto-lei no 243, de 28 de fevereiro de 1967, que fixa as "Diretrizes e Bases para a Cartografia Brasileira", preceitua o estabelecimento de um Sistema Planialtimétrico único de pontos geodésicos de controle, materializados no terreno, para servir de base ao desenvolvimento de trabalhos de natureza cartográfica, constituindo-se no referencial único para a determinação de coordenadas e altitudes em território brasileiro.

O estabelecimento do Sistema Geodésico Brasileiro desenvolve-se tendo como objetivo contribuir para a solução do problema geodésico, sem, contudo, se descuidar dos aspectos aplicados, em que a preocupação maior é a referência para as atividades cartográficas. Os pontos geodésicos, suprem a comunidade técnica nacional das informações necessárias à condução dos assuntos públicos, principalmente as que permitem apoiar as grandes obras de engenharia tais como: sistemas de comunicação;

transmissão de energia; barramentos para geração de energia ou abastecimento de água e titulação de propriedades, dentre outras não menos importantes (IBGE, 2003a).

2.4.1.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC constitui a Rede Planimétrica Ativa do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

É constituída por estações de rastreamento contínuo, da constelação de satélites do *Global Positioning System* – GPS, distribuídas no território nacional. Estas estações são compostas por rastreadores geodésicos de alta precisão, sendo o processamento executado através de aplicativos científicos e são operadas remotamente pelo IBGE.

A RBMC fornece dados e informações necessárias para a utilização pública da tecnologia GPS no Brasil, e é o elo de conexão com os sistemas de referência internacionais (IBGE, 2003a).

2.4.1.2 Rede Planimétrica Passiva do Sistema Geodésico Brasileiro

A Rede Planimétrica Passiva do SGB é constituída pelo conjunto de estações cujas coordenadas são determinadas através de métodos clássicos (triangulação, trilateração, astronomia etc.) e por tecnologia GPS. Estas estações poderão ser reocupadas pela comunidade no desenvolvimento de suas tarefas de posicionamento (IBGE, 2003a).

2.4.1.3 Estabelecimento das Redes Estaduais GPS

Constituem-se em expansão da rede passiva, estabelecidas nas Unidades da Federação, com a finalidade de disponibilizar uma estrutura geodésica precisa. Estas estações com rastreamento através de equipamentos GPS geodésicos e com processamento científico são monumentadas por marcos de concreto seguindo prescrições técnicas especiais. As redes estaduais GPS constituem referencial básico e homogêneo para quaisquer projetos que necessitem de dados de posicionamento no território, tais como: cartografia; obras de engenharia – barragens, rodovias, aeroportos, linhas de transmissão, etc.; regularização fundiária dentre outros (IBGE, 2003a).

2.5 LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS

Os levantamentos geodésicos compreendem o conjunto de atividades dirigidas para as medições e observações que se destinam à determinação da forma e dimensões do planeta (geóide e elipsóide). É a base para o estabelecimento do referencial físico e geométrico necessário ao posicionamento dos elementos que compõem a paisagem territorial (IBGE, 2003b).

2.5.1 Levantamentos Geodésicos de Precisão (Âmbito Nacional)

É uma densificação dos Sistemas Geodésicos Nacionais a partir da decomposição de Figuras de 1ª ordem (IBGE, 2003b).

2.5.2 Levantamentos Geodésicos para fins Topográficos (Local)

Tem características locais. Dirigem-se ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico. Têm a finalidade de fornecer o apoio básico indispensável às operações topográficas de levantamento, para fins de mapeamento com base em fotogrametria. Os levantamentos irão permitir o controle horizontal e vertical através da determinação de coordenadas geodésicas e altimétricas (IBGE, 2003b).

3 POSICIONAMENTO PELO GPS (*GLOBAL POSITIONING SYSTEM*)

O NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System*) é um sistema de navegação através de sinais de rádio, baseado numa constelação básica de 24 satélites artificiais e administrado pela Força Aérea Americana. Foi desenvolvido, em princípio, só para atender aos interesses da força militar americana. Entretanto, pelo seu grande potencial, estendeu-se a setores não militares. Ele, é um dos sistemas mais precisos na determinação da posição tridimensional, na navegação e em informações sobre o tempo (SEEBER, 1993, p.209).

Uma característica muito importante da tecnologia GPS, em relação aos métodos de levantamentos convencionais, é a não necessidade de intervisibilidade entre as estações, além de utilizá-la sob quaisquer condições climáticas.

A posição de um objeto pode ser determinada por diferentes instrumentos e técnicas. A posição está relacionada a um sistema de referência, para os posicionamentos por satélites é geocêntrico, sendo para o GPS o *World Geodetic System of 1984 - WGS-84* e o ITRF₉₇ (COSTA, 2000, p.03).

Na figura 03 pode-se observar que as coordenadas do satélite estão referidas ao geocentro. A equação fundamental (01) apresenta a relação entre a posição do satélite, S, a estação de observação, B, e o centro de massa da Terra, M (SEEBER, 2003, p.506).

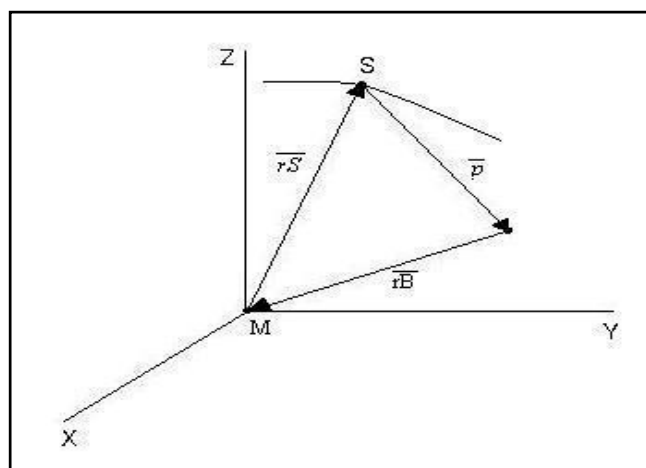
$$\overline{r_S} = \overline{r_B} + \overline{\rho} \quad (01)$$

Com o emprego desta técnica e do rastreamento de 3 satélites pode-se determinar a posição do receptor (latitude, longitude e altitude), mediante três equações de distância.

Algumas inovações estão previstas para o sistema de satélites GPS. Um destes programas, chama-se Programa de Modernização GPS, que prevê a

implantação de dois novos sinais civis, que serão implementados nos blocos IIR e IIF. O primeiro sinal civil será denominado de L_2C constante na portadora L_2 , o segundo sinal civil, designado L_5 , será implantado em uma terceira frequência de 1176,45 MHz. Além destes sinais civis, será implantado um novo código de uso militar (M-code). A inclusão do sinal L_2C está previsto para o decorrer do ano de 2004, para os satélites do bloco IIR-M, e a L_5 será implantada no bloco IIF, previsto para 2005 (SEEBER, 2003, p.233).

FIGURA 03 –POSICIONAMENTO POR OBSERVAÇÕES DE SATÉLITES



FONTE: (SEEBER, 2003, 506)

Na tabela 01 é apresentada a situação dos satélites GPS até março de 2003 (SEEBER, 2003, p.232). Em, janeiro de 2004, a constelação GPS contava com 29 satélites.

TABELA 01 – SITUAÇÃO DOS SATÉLITES (MARÇO 2003)

BLOCO SEQ	SVN	CÓDIGO PRN	POSIÇÃO ORBITAL	DATA DE LANÇAMENTO	RELÓGIO	DESATIVAÇÃO
BLOCO II						
II-1	14	14		14/02/89		14/04/00
II-2	13	02	B-3	10/06/89	Cs	Em operação
II-3	16	16		18/08/89		13/10/00
II-4	19	19		21/10/89		11/09/01
II-5	17	17	D-3	11/12/89	Rb	Em operação
II-6	18	18		24/01/90		18/08/00
II-7	20	20		26/03/90		10/05/96
II-8	21	21		02/08/90	Cs	27/01/03
II-9	15	15	D-5	01/10/90	Cs	Em operação
BLOCO IIA						
II-10	23	23	E-5	26/11/90	Cs	Em operação
II-11	24	24	D-1	04/07/91	Cs	Em operação
II-12	25	25	A-2	23/02/92	Cs	Em operação
II-13	28	28		10/04/92		25/04/92
II-14	26	26	F-2	07/07/92	Rb	Em operação
II-15	27	27	A-4	09/09/92	Cs	Em operação
II-16	32	01	F-4	22/11/92	Cs	Em operação
II-17	29	29	F-5	18/12/92	Rb	Em operação
II-18	22	22	B-1	03/02/93	Rb	Em operação
II-19	31	31	C-3	30/03/93	Cs	Em operação
II-20	37	07	C-4	13/05/93	Rb	Em operação
II-21	39	09	A-1	26/06/93	Cs	Em operação
II-22	35	05	B-4	30/08/93	Cs	Em operação
II-23	34	04	D-4	26/10/93	Rb	Em operação
II-24	36	06	C-1	10/03/94	Cs	Em operação
II-25	33	03	C-2	28/03/96	Cs	Em operação
II-26	40	10	E-3	16/07/96	Cs	Em operação
II-27	30	30	B-2	12/09/96	Rb	Em operação
II-28	38	08	A-3	06/11/97	Rb	Em operação
BLOCO IIR						
IIR-1	42	12		17/01/97	Rb	Falha no lançamento
IIR-2	43	13	F-3	23/07/97	Rb	Em operação
IIR-3	46	11	D-2	07/10/99	Rb	Em operação
IIR-4	51	20	E-1	11/05/00	Rb	Em operação
IIR-5	44	28	B-5	16/07/00	Rb	Em operação
IIR-6	41	14	F-1	10/11/00	Rb	Em operação
IIR-7	54	18	E-4	30/01/01	Rb	Em operação
IIR-8	56	16	B-1	29/01/03	Rb	Em operação
IIR-9	45	21	D-3	31/03/03	Rb	Em operação

FONTE: (SEEBER,2003, p.232)

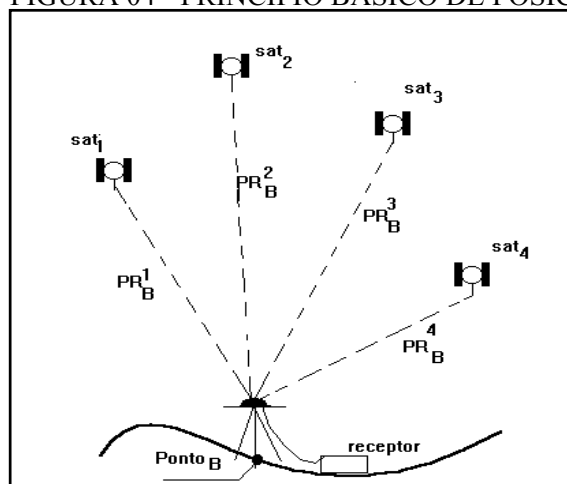
3.1 PRINCÍPIO BÁSICO DE POSICIONAMENTO COM O GPS

Os satélites da constelação GPS estão configurados basicamente para proporcionar ao usuário a capacidade de determinar a sua posição mediante o processo de interseção de três esferas com raio igual à distância entre a antena do receptor e a antena do satélite.

O princípio fundamental da navegação está baseado nas medidas das pseudodistâncias, que são aquelas compreendidas entre o usuário (antena) e entre, pelo menos, quatro satélites, cujas coordenadas são conhecidas em um sistema de referência global, como por exemplo, o WGS 84. A posição geométrica de um ponto, ou seja, as suas coordenadas tridimensionais, podem ser obtidas em tempo real. As grandezas resultam da multiplicação do tempo decorrido para o sinal se propagar de um satélite i até um receptor A pela velocidade da luz no vácuo. Devido principalmente ao não-sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite, as medidas do tempo decorrido do sinal são falsas; e por isso, são denominadas de pseudodistâncias (KRUEGER, 1994, p.04).

A apresentação geométrica para a determinação da posição de um ponto com o GPS pode ser observada na figura 04.

FIGURA 04 - PRINCÍPIO BÁSICO DE POSICIONAMENTO COM O GPS



FONTE: ADAPTADA DE SEEBER (1993, p.210)

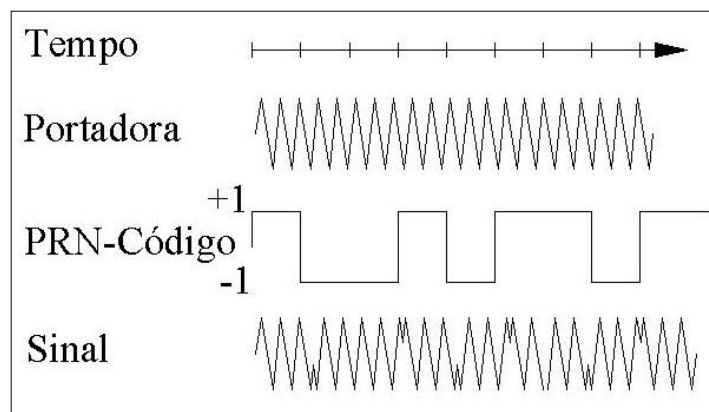
3.2 SINAIS TRANSMITIDOS PELOS SATÉLITES GPS

A principal tarefa dos satélites do sistema GPS consiste em enviar sinais com informações de navegação e identificação, os quais serão decodificados pelos receptores GPS objetivando determinar a distância entre o satélite e o receptor. Essas informações são moduladas em duas frequências, baseadas numa frequência fundamental f_0 de 10,23 MHz, produzida por relógios atômicos de Césio e Rubídio (SEEBER, 2003, p.220).

Os satélites emitem três tipos de sinais que são usados nas observações GPS: sinais dos códigos, sinais das portadoras e sinais da mensagem de navegação.

Na figura 05, observa-se como o código e a fase podem ser combinadas; na tabela 02, estão indicadas as suas principais características.

FIGURA 05 - ESTRUTURA DO SINAL GPS



FONTE: (SEEBER, 2003, p. 221)

Os códigos preciso (P) e de fácil acesso (C/A) são modulados sobre a onda portadora, sendo o primeiro sobre L_1 e L_2 , e o segundo, apenas sobre L_1 . Com a introdução da técnica AS (*Anti-Spoofing*), o código P é sobreposto pelo código W, originando o código Y, e o acesso só é permitido aos usuários autorizados. O emprego das duas ondas portadoras (L_1 e L_2) proporciona a minimização de determinadas fontes

de erros (por exemplo os efeitos atmosféricos). Outra técnica de segurança também é incluída no sistema, a SA (*Selective Availability*) que consiste em manipular as frequências dos relógios dos satélites e das efemérides. Esta técnica possibilita obter-se uma precisão no posicionamento com o código C/A de cerca de 100 m (nível de probabilidade de 95%). Desde 02/05/2000 esta técnica está parcialmente desativada, o que proporciona uma melhoria na precisão dos posicionamentos com GPS (DIVIS¹ apud BRICEÑO, 2000,p.04).

TABELA 02 - CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS GPS

SINAL	FREQÜÊNCIA	COMPRIMENTO DE ONDA (λ)	RUÍDO DA OBSERVAÇÃO (Receptores Clássicos)	RUÍDO DA OBSERVAÇÃO (Receptores Modernos)
Portadora L1	1.575,42 MHz	19,0 cm	1-3 mm	< 0,2 mm
Portadora L2	1.227,60 MHz	24,4 cm	1-3 mm	< 0,2 mm
Código P	10,23 MHz	29,3 m	0,3 - 1 m	cm - dm
Código C/A	1,023 MHz	293 m	3 - 10 m	dm - m
Sinal de Navegação	50 bps	--	--	--

FONTE: ADAPTADO DE SEEGER (2003, p.256)

3.3 ERROS DO SISTEMA GPS

O sistema NAVSTAR-GPS pode apresentar erros que podem se propagar nos resultados obtidos. Para obter-se uma boa precisão nos levantamentos, é necessário minimizá-los. Estes erros podem ser classificados de acordo com a tabela 03.

Para maiores detalhes consultar SEEGER (2003), KRUEGER (1996,1994) e HOFMANN-WELLENHOF et al. (1993).

¹DIVIS, D.A. AS: Going to the way of dinosaur. **GPS World**. Junho/2000.

TABELA 03 – FONTES E EFEITOS DOS ERROS ENVOLVIDOS NO GPS

FONTE	EFEITOS
Satélite	Erro da órbita Erro do relógio Relatividade Atraso de grupo
Propagação do Sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perda de ciclos Sinais refletidos (multicaminho) Rotação da Terra
Receptor / Antena	Erro do relógio Erro entre os canais Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas Multicaminhamento Marés terrestres Movimento do Pólo Carga dos oceanos Pressão atmosférica

FONTE: MONICO, 2000, p.121

Dentre os erros citados na tabela 03, alguns merecem uma atenção especial neste trabalho e serão descritos na sequência.

3.3.1 Erro da órbita

Este erro é caracterizado pelo desvio existente entre a órbita verdadeira e a transmitida (*Broadcast Ephemerides*) pelos satélites. Verifica-se que um erro orbital acarretará em um erro nas efemérides. Esse erro decompõe-se em: ao longo da trajetória, radial à trajetória e, ao longo do raio vetor, receptor-satélite. O componente radial é o que atua diretamente sobre a determinação da distância, principalmente para o posicionamento absoluto. O *International GPS Service for Geodynamics* – IGS -, através de observações diárias a partir de uma rede mundial de estações GPS, fornece os parâmetros de rotação da Terra e parâmetros orbitais de precisão para os satélites. Com esse serviço, obtém-se um erro médio de aproximadamente 10 cm por coordenada (WEBER² apud KRUEGER, 1996, p.35).

3.3.2 Erro nas coordenadas

De acordo com Mônico (2000, p.155), o posicionamento por GPS, no modo relativo, pode produzir diferenças de coordenadas tridimensionais (ΔX , ΔY , ΔZ) de alta precisão. Como nas diferenças de coordenadas não existem informação sobre o sistema de referência (Datum), pelo menos um ponto deve ter suas coordenadas injuncionadas a valores estimados *a priori*. Erros nas coordenadas do ponto de partida irá ser propagado para as coordenadas dos pontos determinados a partir dele. A existência de um erro na posição do ponto de partida afetará as componentes relativas não especificamente ΔX , ΔY , ΔZ , mas também $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, ΔH , que são os elementos de interesse na Geodésia, principalmente no mapeamento. Constata-se que um erro da ordem de 5 m nas coordenadas de uma estação base pode produzir erros de 1,0, 0,9 e 0,8 ppm, respectivamente, nas diferenças de coordenadas geodésicas $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, ΔH .

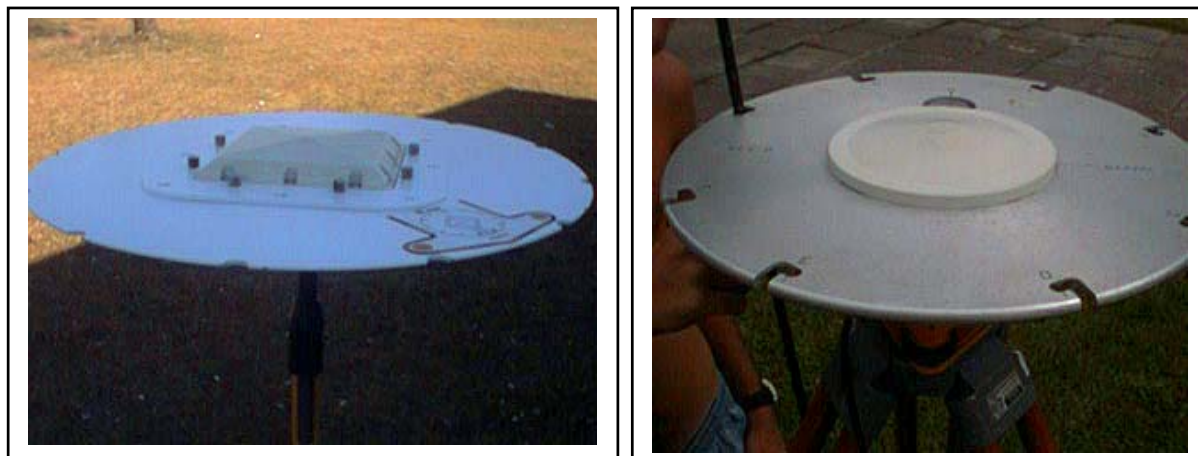
3.3.3 Sinais refletidos (multicaminho)

O efeito do multicaminho ocorre quando há uma reflexão indesejada do sinal GPS em superfícies próximas à antena receptora. Esse erro é diretamente relacionado ao tipo de antena utilizada (menor para antenas dotadas com “plano de terra” (figura 06) ou do tipo *chokerings*) e do receptor (menor para os que possuem as portadoras). A melhor forma para minimizar o seu efeito consiste em escolher cuidadosamente a localização da estação, evitando-se superfícies refletoras próximas a antena (KRUEGER, 1996. p.37).

²WEBER citado por ROMÃO³ (1995)

³ROMÃO, V.M.C. Der Beitrag von GPS zur Bereitstellung des Raumbezugs für Geoinformationssysteme in kartographisch wenig erschlossenen Gebieten. Tese n° 210, Institut für Erdmessung, Hannover, 1995.

FIGURA 06 – ANTENAS GEODÉSICAS TRIMBLE E ASHTECH



FONTE: LABORATÓRIO DE GEODÉSIA ESPACIAL - UFPR

3.3.4 Erros atmosféricos

Os sinais transmitidos pelos satélites se propagam em direção à antena receptora cruzando a atmosfera. O sinal GPS sofre a influência de duas camadas da atmosfera: a troposfera e a ionosfera. Elas perturbam a trajetória do sinal, acelerando-a ou retardando-a. Este atraso afeta tanto a obtenção das pseudodistâncias quanto a da fase da portadora.

Os erros advindos da ionosfera dependem da frequência do sinal, da localização geográfica e do tempo. Ao cruzar a atmosfera, os sinais sofrem alterações de velocidade e propagação. Segundo KRUEGER (1996, p.36), no meio ionosférico, a velocidade de propagação da fase não é a mesma que a velocidade de grupo (propagação dos códigos). A combinação das frequências L_1 e L_2 faz com que sejam reduzidos os efeitos da ionosfera.

Os sinais GPS ao atravessarem a troposfera, cuja espessura da camada alcança até 50 km, são reduzidos na sua velocidade de propagação. Com isso as pseudodistâncias sofrem um acréscimo em relação à distância geométrica. Pode-se

diminuir esses efeitos empregando modelos troposféricos existentes como os modelos de Saastamoinen e Hopfield (KRUEGER, 1996. p.35).

Devido a importância para esta pesquisa do tema ionosfera, este assunto será tratado com maiores detalhes em um próximo capítulo.

3.4 SISTEMA DE REFERÊNCIA DO NAVSTAR-GPS

O sistema geodésico adotado para referência é o *World Geodetic System* de 1984 (WGS-84), Isto significa que os resultados dos posicionamentos referem-se a esse sistema geodésico, devendo ser transformados para o Sistema de Referência da América do Sul (SAD-69): *South American Datum of 1969*, adotado no Brasil, através de metodologia própria (IBGE, 2003b).

3.5 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

As estratégias de posicionamento com o GPS podem ser classificadas, inicialmente, em função do número de receptores envolvidos no levantamento. Um posicionamento absoluto conta apenas com um receptor GPS, enquanto um posicionamento relativo terá pelo menos dois receptores envolvidos. Também existem diferentes tipos de posicionamento em função do tipo da observável empregada, conduzindo a diferentes níveis de precisão.

Os métodos de posicionamento podem ser sub-divididos em:

- absoluto: estático e cinemático;
- relativo: estático, estático rápido, cinemático, stop and go e pseudocinemático; e
- diferencial.

Na seqüência serão abordados os métodos de posicionamentos citados na norma e para maiores informações consultar SEEGER (1993, 2003), KRUEGER (1994,1996), MONICO (2000) e BRICEÑO (2001).

3.5.1 Método de Posicionamento Relativo

Este método envolve dois ou mais receptores em uso simultâneo. Um deles permanece fixo na estação de coordenadas conhecidas, e o(s) outro(s) ocupa(m) o(s) ponto(s) de interesse (coordenadas desconhecidas), realizando observações simultâneas dos sinais dos satélites. Neste posicionamento as coordenadas são determinadas com relação a um referencial, materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas.

3.5.2 Método Posicionamento Relativo Estático

Este método caracteriza-se por utilizar dois ou mais receptores rastreando simultaneamente os satélites por um determinado tempo com um intervalo médio de gravação de dados de 15 segundos. Este tempo é função do comprimento da linha de base. Em distâncias curtas, pode-se trabalhar só com uma frequência, em distâncias longas deve-se utilizar duas frequências devido à influência da ionosfera (BRICEÑO, 2000, p.05).

TABELA 04 – RESUMO DAS TÉCNICAS COM RESPECTIVAS PRECISÕES

TÉCNICAS	PERÍODO DE OCUPAÇÃO	NÚMERO MÍNIMO DE SATÉLITES	PRECISÃO
ESTÁTICO			
Linha de base < 10 km (com portadoras L_1 e L_2)	Mínimo de 1 hora	≥ 4	1,5 a 5 mm + (0,01 a 1 ppm)
Linha de base de 20 a 40 km (com portadora L_1 e L_2)	6 a 24 horas	≥ 4	1,5 a 5 mm + (0,01 a 1 ppm)
ESTÁTICO RÁPIDO			
Linha de base < 5 km (com portadoras L_1 e L_2)	5 a 8 min	≥ 5 e PDOP <5	5 a 20 mm + (1 ppm)
Linha de base < 15 km (com portadoras L_1 e L_2)	5 a 20 min	≥ 5 e PDOP <5	5 a 20 mm + (1 ppm)
PSEUDOCINEMÁTICO	1 a 3 min	---	Poucos centímetros
CINEMÁTICO CONTÍNUO	---	---	10 cm a 1 m
STOP AND GO	Aproxim. 1 min	---	Poucos centímetros

FONTE: (ADAPTADO DE KAHMEN⁴ apud CARVALHO,1999, p.36)

Os valores apresentados na tabela 04, referem-se a observações em condições favoráveis.

⁴ KAHMEN, H.; FAIG, W. Surveying. New York, 1998. 356p.

4 IONOSFERA

A atmosfera pode ser considerada, para a maioria dos propósitos práticos, como um conjunto de camadas de gases, esféricas e concêntricas à Terra. A estrutura da atmosfera terrestre está associada com diversos parâmetros (térmicos, químicos, eletromagnéticos), cujos valores, geralmente combinados, podem variar sensivelmente, em função da hora, da época do ano, da latitude, da longitude e da atividade solar (CAMARGO, 1999, p.10).

Normalmente é conveniente dividir a atmosfera, com respeito à propagação de sinais, em troposfera e ionosfera, porque as condições particulares de propagação são diferentes. As camadas mais baixas da atmosfera terrestre, compreendidas entre a superfície da Terra até, aproximadamente 50 km, recebem o nome de troposfera. A parte superior, estendendo-se aproximadamente entre 50 km e 1000 km, recebe o nome de ionosfera. Ela é formada por partículas livres carregadas, ou seja, por partículas ionizadas. Neste caso, a refração depende da frequência do sinal transmitido, através dela, desde que a mesma seja abaixo de 30 GHz (LEICK⁵ apud CAMARGO, 1999, p.10).

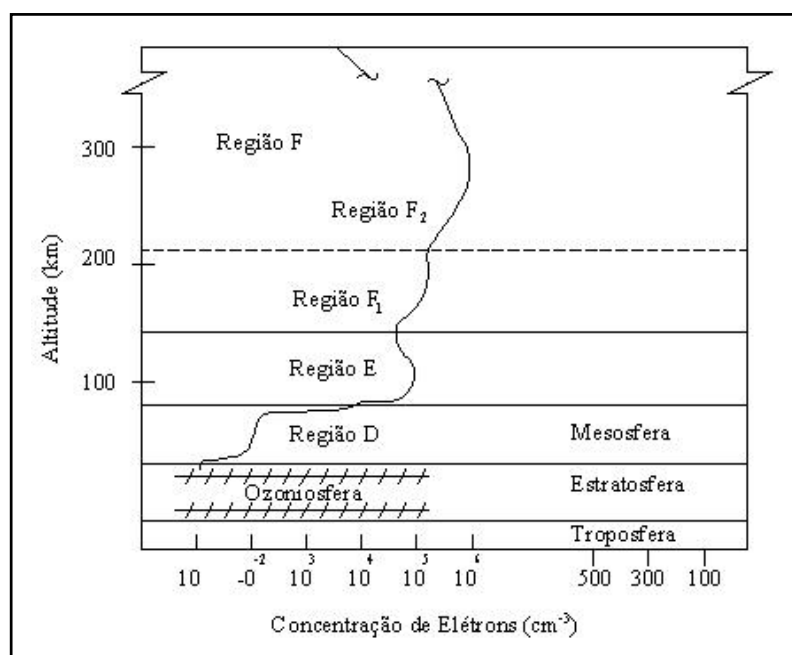
A troposfera é um ambiente gasoso onde a temperatura decresce na razão de 6,5 °C/km a medida que a altura aumenta. Os átomos e as moléculas, não carregadas, são bem misturados e desta forma pode-se dizer que a troposfera é praticamente um gás neutro. O índice de refração é pouco maior que 1, decresce com o incremento da altura e tende a ser 1 no limite superior da troposfera, correspondendo a um contínuo decréscimo da densidade do meio (FONSECA, 2002, p.11).

A ionosfera pode ser descrita como a parte superior da atmosfera e nela se encontram elétrons e íons em quantidade suficiente para afetar a propagação das ondas de rádio (FEEN e EBERT⁶, DAVIES⁷ apud FONSECA, 2002, p.12). A geração de íons

e elétrons é proporcional à intensidade da radiação solar e à densidade do gás (FONSECA, 2002, p.12).

As principais camadas da ionosfera são conhecidas como D, E, F_1 e F_2 (veja tabela 05 e figura 07). Particularmente a camada F_1 , localizada imediatamente abaixo da camada F_2 , apresenta grandes variações que estão associadas ao número de manchas solares. As influências geomagnéticas também representam um papel importante. Por esta razão, a propagação de sinais na ionosfera é severamente afetada pela atividade solar, principalmente próximo ao equador magnético e também, em altas latitudes, ou seja, nos pólos (SEEBER, 1993, p.41).

FIGURA 07 – PERFIL TÍPICO DA IONOSFERA



FONTE: (ADAPTADO DE FONSECA 2002, p.23)

⁵LEICK, A. GPS satellite surveying. 2. ed New York: John Wiley & Sons, 1995

⁶FEEN, M.M.; EBERT, W.L. Ionospheric refraction correction for single frequency Doppler navigation. In: National Aerospace Symposium Navigation Satellite Users. Springfield, 1979. Proceedings. Alexandria: **ION – The Institute of Navigation**, 1979, p.83-87.

⁷DAVIES, K. Ionospheric radio. London: IEE – Institution of Electrical Engineers, 1990, 580p. (**Eletromagnetic Waves Series**, v. 31) ISBN 0 86341 186 X.

O estado da ionosfera é descrito pela densidade de elétrons n_e e a sua unidade é dada por: número de elétrons/m³. Na tabela 05 estão indicadas as quatro principais camadas da ionosfera de acordo com a altura e a densidade de elétrons (SEEBER, 1993, p.49).

TABELA 05 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CAMADAS DA IONOSFERA

NOME DA CAMADA	ALTURA (km)	DENSIDADE DE ELÉTRONS	
		DIURNO	NOTURNO
F ₂	200 a 1000	10 ⁶	3x10 ⁵
F ₁	140 a 200	5x10 ⁵	10 ³
E	85 a 140	10 ⁵	2x10 ³
D	60 a 90	10 ² a 10 ⁴	-

FONTE: (SEEBER, 2003, p.49)

A distribuição das camadas ionosféricas varia durante o dia devido ao fato da insolação ser variável. A camada D é gerada apenas do lado da Terra iluminado pelo Sol.

As variações diurnas são provocadas por mudanças que ocorrem em certas regiões da ionosfera, que desaparecem à noite, devido à recombinação e junção dos elétrons e íons. Na região D, a concentração de elétrons decresce e desaparece à noite. À noite, todos os vestígios da camada E desaparecem, ao pôr do Sol, exceto para uma ionização residual, e aparecem imediatamente, ao nascer. A camada F₁ também desaparece à noite, enquanto que a quantidade de elétrons da camada F₂ é reduzida, alcançando o valor mais baixo na madrugada, aumentando rapidamente com o nascer do Sol. O principal fator, para que ocorra a variação diurna, é a iluminação do Sol (CAMARGO, 1999, p.28).

O efeito do estado da ionosfera na propagação de ondas pode ser caracterizado pelo conteúdo de elétrons I, cuja a unidade de medida é o TECU (*Total Electron Content Unit* = Unidade do Conteúdo Total de Elétrons), onde 1TECU = 1 x 10⁶ el/m² (FONSECA, 2002, p.14). Ao longo do dia, o TECU, para uma

localização, depende da hora local, com densidade que alcança um máximo entre as 12:00 e 16:00 horas (WEBSTER⁸ apud CAMARGO, 1999, p.28).

Analisando a equação (02) conclui-se que o índice de refração (n) e, desta maneira, o atraso na propagação do sinal é proporcional ao inverso do quadrado da frequência. Conseqüentemente, uma parte do atraso ionosférico pode ser modelada quando se utilizam receptores de dupla frequência (FONSECA, 2002, p.15).

$$n = 1 - \frac{C.n_e}{f^2} \quad (02)$$

onde:

$C = 40.3$ representa todos os parâmetros constantes;

n_e : densidade de elétrons livres; e

f : frequência do sinal.

A tabela 06 mostra a relação entre as unidades de medidas e o TECU.

TABELA 06 – RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES DE MEDIDA E TECU

L2 –L1 – ATRASO DIFERENCIAL DO GRUPO (EFEITO DE 1ª ORDEM)	
1 ns de atraso diferencial do código	= 2,852 x 10 ⁶ (el/m ²)
	= 1,556 ns de atraso em L1
	= 0,464 m de erro na distância em L1
1 ns de atraso, medido em L1	= 1,8476 x 10 ⁶ (el/m ²)
	= 0,300 m de erro na distância em L1
1 m de erro na distância medida em	L1 = 6,15 x 10 ⁶ (el/m ²)
	L2 = 3,73 x 10 ⁶ (el/m ²)
1 TECU (1 x 10 ⁶ (el/m ²))	= 0,352 ns de atraso diferencial
	= 0,542 ns de atraso em L1
	= 0,163 m de erro na distancia em L1
	= 0,853 ciclos em avanço na fase em L1

FONTE: (KLOBUCHAR⁹ apud CAMARGO, 1999, p. 98)

⁸WEBSTER, I. A regional model for prediction of ionospheric delay for single frequency users of the global positioning system. New Brunswick, 1993. Dissertação (Mestrado) Departament of Surveying Engeneering, University of New Brunswick.

⁹KLOBUCHAR, J. A. Ionospheric effects on GPS. In: Global Positioning System: Theory and Aplications, Washington: Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996. v.1, p.485-515.

De acordo com FONSECA (2002, p.15), para a troposfera a refratividade é positiva e independe da frequência empregada, desde que a mesma seja inferior a 30 GHz. Já no caso da ionosfera, a refratividade é negativa e diretamente dependente da frequência. Conforme mostra a equação (02), a refratividade diminui à medida que a frequência aumenta.

As mudanças sazonais são provocadas por variações na densidade de elétrons, que ocorrem, devido às estações do ano, principalmente pela mudança do ângulo zenital do Sol e intensidade do fluxo de ionização. A radiação que atinge a Terra e sua atmosfera é mais direta no verão do que no inverno, causando, assim, uma mais baixa razão de absorção, que faz com que ocorra um aumento na ionização (WEBSTER⁸ apud CAMARGO, 2002, p.29). No inverno, num mesmo hemisfério, a camada F₁ desaparece durante o dia; e a camada E é reduzida. No entanto, em médias (temperadas) latitudes há mais ocorrência da esporádica E durante o verão do que o inverno. A camada F₂ tem uma conduta contrária às demais camadas durante o dia. No período de inverno, apresenta um aumento no número de elétrons, devido às mudanças na proporção dos elementos gasosos e moléculas presentes entre as estações.

Esse fenômeno, que representa uma anomalia sazonal, é mais evidente em latitudes médias e na região polar (CAMARGO, 2002, p.29).

A variação de longo período, com ciclo de, aproximadamente 11 anos, também designada de variação do ciclo solar, é associada à ocorrência de manchas solares, que provocam um correspondente aumento na ionização, com o aumento do número de manchas (figura 08). O último máximo ocorreu nos anos de 2000-2001. Nas camadas mais altas, ocorre um maior aumento na densidade de elétrons (CAMARGO, 1999, p.29).

As emissões solares, que ocorrem em períodos que variam de poucos minutos a várias semanas (WEBSTER⁸ apud CAMARGO, 1999, p.30), são as maiores

causadoras da variação do nível de ionização da atmosfera terrestre. Há três tipos de fenômenos associados à atividade solar.

O primeiro está relacionado ao número de explosões solares (*solar flares*). Estes fenômenos, localizados, são denominados distúrbios ionosféricos súbitos (SID – *Sudden Ionospheric Disturbance*). São provocados por um rápido aumento de energia na superfície solar. Este aumento de energia provoca a emissão de raios-X e raios-ultravioleta. Esses eventos tem curta duração, que varia de alguns minutos a uma hora. A face terrestre iluminada pelo Sol tem um aumento considerável de ionização na região D, o que acaba provocando uma atenuação nos sinais de rádio (CAMARGO, 1999, p.30).

O segundo fenômeno está associado aos “buracos” na coroa solar (*coronal holes*). Estes buracos são os geradores das correntes de alta velocidade do vento solar. Ocorrem, geralmente, durante o período de declínio da atividade solar e causam as tempestades ionosféricas (FONSECA, 2002, p.30).

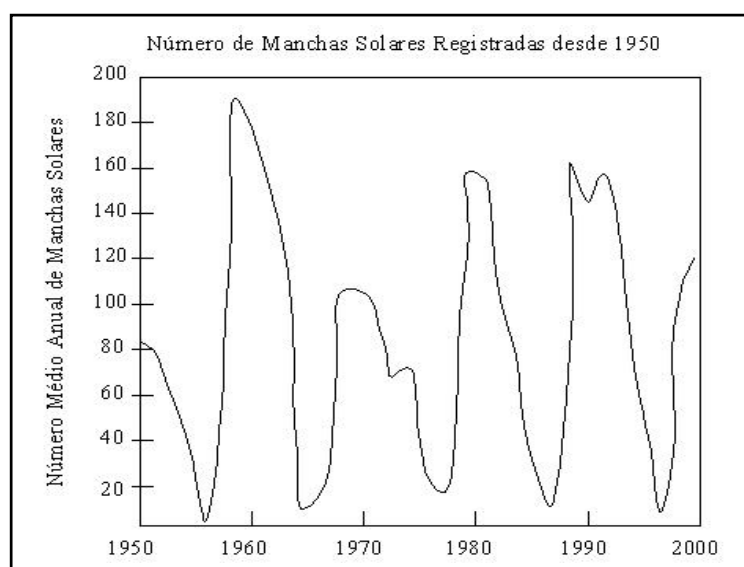
O terceiro fenômeno está associado às manchas solares. Estas manchas provocam uma variação da radiação emitida pelo Sol que, por sua vez, afetam o grau de ionização da atmosfera terrestre. O período de duração deste fenômeno é muito variável; algumas manchas aparecem por apenas alguns dias, enquanto outras permanecem por diversas rotações solares cujo período médio é de 27 dias (FONSECA, 2002, p.30).

A análise espectral da série temporal de manchas solares, realizada por Schaer, indica a presença de períodos de cerca de 80 anos, 22 anos e 11 anos. Pode-se observar na figura 08, que o ciclo solar não é simétrico; ele tem um período de cerca de 4,8 anos para sair do mínimo e atingir o máximo. Do período de máximo para o de mínimo, o intervalo é de cerca de 6,2 anos (SCHAER¹³ apud FONSECA, 2002, p.31). A maior média anual de manchas solares, ocorreu em 1957, durante o décimo nono

ciclo solar (NGDC, 2001). Há ainda uma pronunciada periodicidade de 27 dias causada pela rotação do Sol (SCHAER¹⁰ apud FONSECA, 2002, p.31).

A figura 08, apresenta os últimos 50 anos do ciclo solar. O ultimo mínimo ocorreu em 1996 e o máximo em 2000-2001 (FONSECA, 2002, p.31). Portanto o próximo período de mínimo será em torno de 2006-2007 e o próximo máximo em 2010-2011.

FIGURA 08 – ÚLTIMOS CICLOS SOLARES COM O MÁXIMO EM 1989 E 2000/2001



FONTE: ADAPTADO DE FONSECA, 2002, p.32

Os sinais do sistema GPS, ao se propagarem entre a antena do satélite e antena do receptor, estão sujeitos a diferentes efeitos:

- devido à propagação na ionosfera;
- devido à propagação na troposfera; e
- Multicaminho na região próxima à antena do receptor.

¹⁰SCHAER, S. Mapping and predicting the earth's ionosphere using the global positioning system. Bern, Switzerland, 1999. PhD Theses (Doutorado), 205p. University of Bern.

O atraso na propagação provocado pela ionosfera ocorre entre 50 km e 1000 km acima da superfície terrestre e depende diretamente da quantidade de elétrons ao longo do caminho percorrido pelo sinal e de sua frequência. O atraso ionosférico depende da frequência e, no caso do sistema GPS, este atraso pode ser da ordem de 1 m ou atingir até mais de 100 m (KLOBUCHAR¹¹ apud FONSECA, 2002, p.33). Além disso, deve-se lembrar que a ionosfera é um meio dispersivo e, desta forma, a velocidade de fase (propagação da portadora) não é igual à velocidade de grupo (propagação dos códigos). Observa-se igualmente o efeito combinado da ionosfera e da plasmasfera devido ao fato dos satélites do sistema GPS estarem colocados em órbitas quase circulares onde o semi-eixo maior é da ordem de 26.000 km (LEICK⁵ apud FONSECA, 2002, p.33) ou seja, aproximadamente 20.000 km acima da superfície terrestre, ultrapassando em muito o limite superior da ionosfera que é de aproximadamente 1.000 km (FONSECA, 2002, p.33).

Devido à manipulação de equações demonstrada em SEEGER (1993), é possível chegar-se a uma equação que é chamada de correção de primeira ordem da refração ionosférica. Os erros remanescentes chegam a poucos centímetros. Assim, os efeitos da ionosfera nos sinais do sistema GPS podem ser muito bem modelados a partir de observações realizadas com receptores de dupla frequência. A tabela 07 apresenta os erros máximos na distância que podem ser esperados para as duas frequências do GPS e para a combinação das mesmas, ambos na componente vertical. Para distâncias inclinadas a correção aumenta (HARTMANN, LEITNER¹² apud FONSECA, 2002, p.34). Para maiores informações no desenvolvimento do formulário ver SEEGER (1993), SEEGER (2003), CAMARGO (1999) e FONSECA (2002).

¹¹KLOBUCHAR, J. A. Ionospheric effects on GPS. **GPS World** 2 (4), 48-51, 1991.

¹²HARTMANN, G. K; LEITNER, R. Range errors due to ionospheric and tropospheric effects for signal frequencies above 100 MHz. **Bulletin Geodésique** v. 58, p.109-136, 1984.

TABELA 07 – MÁXIMO EFEITO SISTEMÁTICO VERTICAL, DEVIDO À IONOSFERA

FREQUÊNCIA	EFEITO DE 1ª ORDEM ($1/f^2$)	EFEITO DE 2ª ORDEM ($1/f^3$)	EFEITO DE 3ª ORDEM ($1/f^4$)
L_1	32,5 m	0,036 m	0,002 m
L_2	53,5 m	0,076 m	0,007 m
L_0	0,0 m	0,026 m	0,006 m

FONTE: SEEGER, 1993 apud CAMARGO, 1999, p26

Ao utilizar receptores de uma frequência, a correção de acordo com as equações demonstradas em Seeber (1993), torna-se impossível. Neste caso há varias opções disponíveis recorrendo à utilização de modelos da ionosfera. Para maiores detalhes sobre modelos ionosféricos ver CAMARGO (1999) e FONSECA (2002).

5 ESPECIFICAÇÕES NA NORMA NBR 14.166

De acordo com a norma NBR 14.166 a Rede de Referência Cadastral Municipal deve adotar a sequência de procedimentos para sua implantação, indicadas abaixo:

5.1 SEQUÊNCIA DE PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

Neste sub-item serão transcritos da norma em estudo os tópicos de interesse para esta pesquisa, no que diz respeito a implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (NBR 14.166, 1998, p.07):

- a) Definir a altitude média a ser adotada para o sistema topográfico local na sua área de abrangência;
- b) Identificar o fuso, meridiano central e meridianos limites, no sistema de projeção UTM, oficialmente adotado para a cartografia nacional, na área de abrangência da Rede de Referência Cadastral em causa;
- c) Pesquisar nas proximidades da área um vértice do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) que esteja em bom estado, o qual será eleito para servir de amarração do Sistema Topográfico Local (STL) ao sistema cartográfico em função UTM ao SGB;
- d) Inventariar vértices existentes, na área de abrangência da RREFCM a ser implantada, averiguando a qualidade de sua localização (estabilidade, segurança, acessibilidade, intervisibilidade, etc.) e data (origens), visando sua incorporação à RREFCM;
- e) Adotar o SGB SAD-69 conforme documento Especificações e Normas Gerais para Levantamento Geodésicos – IBGE; e
- f) Obedecer todo o planejamento e implantação da rede conforme o estabelecido nas seções 5 e 6 da NBR 14.166 (requisitos gerais e específicos respectivamente).

5.2 REQUISITOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL DE ACORDO COM A NBR 14.166

Nesta sub-seção serão descritos os requisitos gerais apresentados pela norma em estudo com relação a implantação da RREFCM.

5.2.1 Quanto aos marcos geodésicos de apoio imediato

A definição deste termo encontra-se na seção 2.3.2 deste trabalho, e os requisitos para implantação dos marcos geodésicos de apoio imediato são descritos na sequência (NBR 14.166, 1998, p.08):

- a) Este tipo de marco deve necessariamente estar apoiado em marcos geodésicos do IBGE, próximos à área;
- b) Estes marcos devem ser localizados preferencialmente no cume das elevações e nos altos dos edifícios de grande porte e, se possível, em propriedades públicas, em uma densidade aproximada de um para cada 3 km² nas áreas urbanizadas;
- c) Estes marcos devem estar situados de modo a permitir intervisibilidade com os pontos contíguos, no mínimo dois a dois, em lugares favoráveis a sua identificação, devendo ser materializados e monografados de acordo com as prescrições e os modelos da NBR 13.133;
- d) Os pontos sem intervisibilidade devem ter um marco de azimuth (determinado por GPS), deles distanciados, conforme o item e;
- e) Os marcos geodésicos devem ser acompanhados de um ou dois marcos de azimuth, instalados a uma distância mínima; sua precisão máxima do azimuth determinado a partir do posicionamento relativo com GPS é baseada no espaçamento mínimo entre pares de estações intervisíveis, sendo que o azimuth entre um par de estações é determinado após os vetores no sistema geodésico do satélite serem ajustados ao sistema de referência local, sendo que a tabela 06 fornece a distância mínima entre as estações, considerando-se as precisões relativas do posicionamento com 95% de nível de confiança e a precisão do azimuth a ser obtido.

TABELA 08 – ESPAÇAMENTO MÍNIMO ENTRE ESTAÇÕES P/ REFERÊNCIA AZIMUTAL

PRECISÃO AZIMUTAL REQUERIDA EM SEGUNDOS DE ARCO (COM 95% DE NÍVEL DE CONFIANÇA)						ESPAÇAMENTO MÍNIMO ENTRE OS PARES DE ESTAÇÕES (m)
	1"	2"	4"	6"	10"	
PRECISÃO, EM MILÍMETROS, DA POSIÇÃO GPS (com 95% de nível de confiança)	-	-	02	03	05	100
	-	02	04	06	10	200
	-	03	06	09	14	300
	02	04	08	12	19	400
	03	05	10	14	24	500
	03	06	12	18	29	600

FONTE: NBR 14.166, 1998, p.12

5.2.2 Quanto ao Sistema Topográfico Local (STL)

Conforme a NBR 14.166 (1988, p.08) o Sistema Topográfico Local deve atender os seguintes requisitos gerais:

- a) Os elementos da Rede de Referência Cadastral podem ter suas coordenadas plano-retangulares determinadas nos Sistemas Transverso de Mercator (UTM-RTM-LTM) como no STL. Neste caso a origem do STL é também a origem do seu sistema de coordenadas plano-retangulares (X e Y);
- b) O eixo das ordenadas é o eixo dos Y, com orientação para o norte geográfico e o eixo das abscissas é o eixo dos X, com orientação para o leste geográfico;
- c) Os eixos coordenados do sistema de coordenadas plano-retangulares do STL definem o plano de projeção topográfica deste sistema, assim todos os pontos dos levantamentos topográficos realizados na sua área de abrangência serão projetados ortogonalmente neste plano;
- d) As coordenadas plano-retangulares (X,Y) dos marcos geodésicos de apoio imediato no STL são obtidas a partir de suas coordenadas geodésicas (Φ, Λ) e das coordenadas geodésicas da origem do sistema (Φ_0, Λ_0).
Esse cálculo deve ser executado pelas expressões derivadas das fórmulas da solução inversa do problema geodésico de transporte de coordenadas geodésicas, cujo formulário encontra-se no anexo A da NBR14.166;
- e) São adicionados os termos constantes 150.000 m e 250.000 m, respectivamente para a abscissa (X) e para a ordenada (Y), as coordenadas plano-retangulares da origem do STL com coordenadas (0,0). Este artifício evita a existência de valores negativos nos demais pontos da área de abrangência do sistema;
- f) A justificativa para imposição destes valores, além de evitar valores negativos, é que ficam facilmente identificados valores para abscissas (X) pois são precedidos do algarismo 1. E para valores de ordenadas (Y) as coordenadas são precedidas do algarismo 2. Este procedimento também elimina a ocorrência de erros grosseiros. Este artifício promove a identificação de valores fora da área de abrangência do sistema, pois coordenadas maiores que X=200.000 m e Y=300.000 m e menores que X=100.000 m e Y=200.000 m estão extrapolando as coordenadas do STL; e
- g) As coordenadas plano-retangulares dos pontos levantados topograficamente, na área de abrangência do STL, são obtidas a partir das coordenadas plano-retangulares dos pontos geodésicos de apoio imediato.

5.2.3 Determinação do Sistema Topográfico Local - STL

O Sistema Topográfico Local (STL) é utilizado na estruturação da Rede de Referência Cadastral Municipal, sendo sua implantação e manutenção atribuição e responsabilidade da administração municipal através de um órgão gestor.

A definição, segundo a NBR 14.166, do Sistema Topográfico Local encontra-se na seção 2.2 deste trabalho.

O sistema de coordenadas plano-retangulares tem a mesma origem do Sistema Topográfico Local (STL), sendo esta um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas. Neste sistema os eixos X e Y estão no plano do horizonte local, tangente ao elipsóide de referência, o eixo Y coincide com a meridiana (linha norte-sul) geográfica. O eixo Y é orientado positivamente para o norte geográfico e o eixo X coincide com a linha leste-oeste orientado positivamente para leste.

Os pontos medidos no terreno são definidos por coordenadas cartesianas plano-retangulares (x_i, y_i).

A origem do Sistema Topográfico Local deve estar posicionada de modo que nenhuma coordenada plano-retangular, isenta do seu termo constante, tenha valor superior a 50 km (ver figura 02, p. 10).

O plano do horizonte local é elevado à altitude ortométrica média, da área de abrangência do sistema, aplicando-se às coordenadas plano-retangulares de todos os pontos levantados geodésica e topograficamente representados no STL, o fator de elevação (c), eleva este plano ao nível médio do terreno da área de abrangência do sistema caracterizando o Sistema Topográfico Local.

$$c = (R_m + H_t) / R_m \quad (03)$$

sendo

c : o fator de elevação;

H_t : a altitude média do terreno em metros;

R_m : o raio médio terrestre, dado por

$$R_m = (MN)^{1/2} \quad (04)$$

onde

M é o raio de curvatura da seção meridiana,

$$M = a (1 - e^2) / (1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2} \quad (05)$$

e N o raio de curvatura da seção 1° vertical

$$N = a / (1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2} \quad (06)$$

sendo a o semi-eixo maior do elipsóide de referência e e a primeira excentricidade do elipsóide de referência.

A área de abrangência do sistema deve ser reduzida para desníveis inferiores a 150 m.

As coordenadas plano-retangulares (X, Y) dos marcos geodésicos de apoio imediato no STL são obtidas a partir de suas coordenadas geodésicas (φ_1, λ_1) e das coordenadas da origem do sistema (φ_0, λ_0), através da solução do problema inverso do transporte de coordenadas geodésicas onde calcula-se a distância e o azimute entre eles (d_{01}, A_{01}).

Neste sistema as distâncias calculadas não precisam ser ajustadas pelo fator de escala (do sistema UTM), a elas devem ser aplicadas as correções devidas aos erros instrumentais, variações atmosféricas e redução das distâncias inclinadas.

5.2.4 Requisitos para levantamento de ponto de apoio utilizando GPS

De acordo com a NBR 14.166 (1998, p.10), o levantamento dos pontos de apoio utilizando GPS devem atender os seguintes requisitos:

Os marcos geodésicos de apoio imediato são determinados a partir dos marcos geodésicos de precisão por intermédio de poligonal da classe I-P (NBR 13.133), ou por rastreamento de satélites do sistema NAVSTAR-GPS no método diferencial, trilateração ou outro método, desde que em termos de exatidão, seja igual ou melhor que a obtida por essa classe de poligonal..

Para a utilização do GPS algumas especificações devem ser observadas:

a) Quanto aos receptores

Os receptores devem ser do tipo geodésico, com frequência L_1 , cujos desvios-padrão de cada componente da linha de base medida (dX, dY, dZ), no método diferencial (relativo) estático, igual ou superior a :

- distância horizontal $\pm (10 \text{ mm} + 2\text{ppm} \times D)$;
- distância vertical $\pm (20 \text{ mm} + 2\text{ppm} \times D)$; e
- azimutal $\pm \left(1'' + \frac{5''}{D} \right)$ onde D é a distância em quilômetros.

As sessões de observação com duração mínima de 60 min, contínuas e com no mínimo 5 satélites durante toda a sessão de rastreo, observação e processamento de fase de batimento da portadora, precisão das coordenadas orbitais iguais ou melhor que 1 ppm, e ausência de multicaminhamento.

b) Quanto aos instrumentais pertinentes:

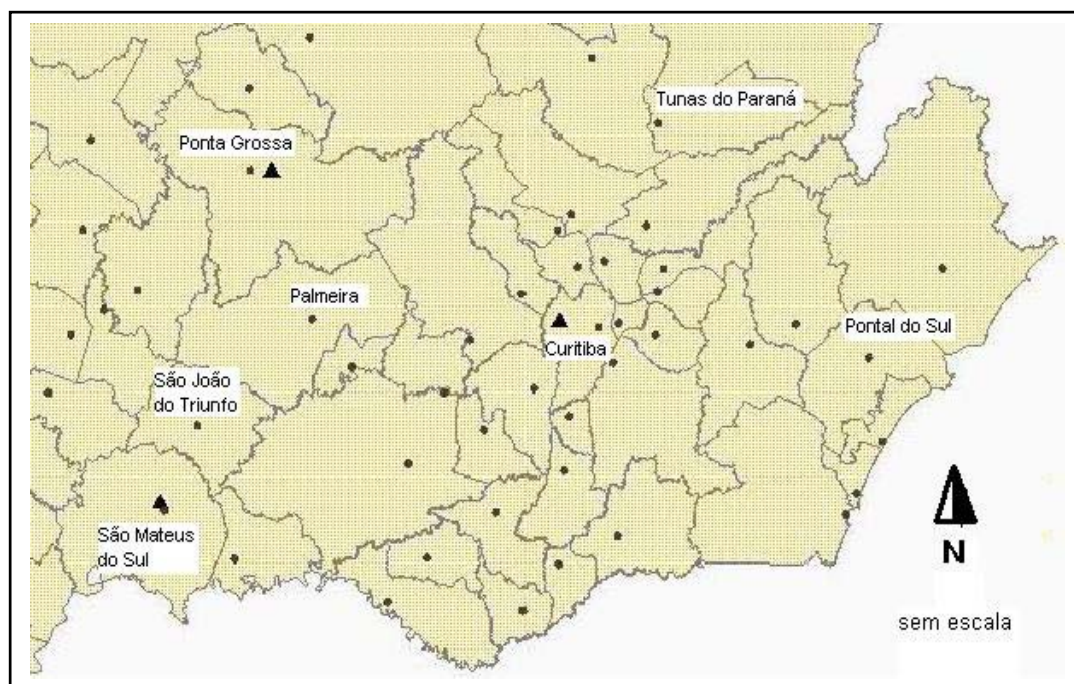
1. Dispositivo para medir a altura instrumental com resolução milimétrica;
2. A antena deve possuir plano terra quando da determinação dos pontos de controle;
3. As antenas devem ser instaladas em pilares ou tripés e niveladas empregando-se base nivelante com prumo óptico aferido;
4. Quando a distância entre pontos nos vetores ou linhas de base a serem determinadas for superior a 50 km, é necessário o emprego de receptores de dupla frequência, possibilitando assim o processamento do sinal L_3 ou sinal livre de efeitos ionosféricos (ionosphere free) (NBR 14.166, 1998, p.11)..

6 CASOS EM ESTUDO, EQUIPAMENTOS, PROGRAMAS E MÉTODOS EMPREGADOS

Os dados utilizados para esta pesquisa foram adquiridos no banco de dados do LAGE - Laboratório de Geodésia Espacial da Universidade Federal do Paraná. São compostos por quatro grupos distintos, sendo estes referentes aos anos de 1998, 1999 e 2000.

A figura 09 apresenta de forma esquemática as regiões onde se localizam os pontos que serão utilizados neste trabalho.

FIGURA 09 – ÁREA DE ESTUDO



FONTE: SEMA (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS)

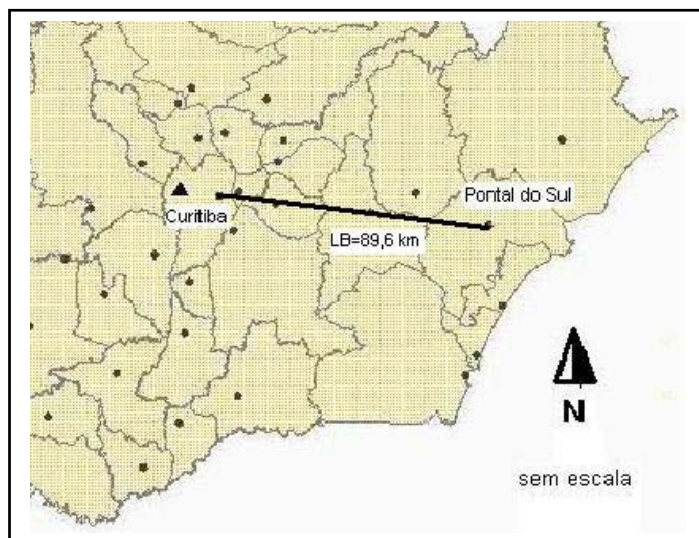
O primeiro grupo de dados GPS de 1998, área de Pontal do Sul/Matinhos, obtidos junto ao LAGE durante a primeira campanha para implantação da Rede Geodésica do Litoral Paranaense. O levantamento ocorreu no período de 06/02/1998 a 27/02/1998. A campanha completa contém 16 marcos na região do litoral e duas bases, a primeira localiza-se em Curitiba e pertence a RBMC, chamada PARA (marco

91.105). A segunda base localiza-se no litoral, nas dependências do Centro de Estudos do Mar da UFPR no município de Pontal do Paraná, e é designada CEM1.

Para esta pesquisa foram escolhidos 2 marcos pertencentes a Rede do Litoral Paranaense e as duas bases citadas, são eles:

- TREV: localizado no centro do canteiro triangular do entroncamento na PR-412 que dá acesso a Praia de Leste, município de Pontal do Paraná.
- TENG: localizado no cais da empresa Tenenge, no município de Pontal do Paraná.
- PARA: localizado nas dependências da UFPR em Curitiba, no cercado situado na parte posterior do LAGE. Este marco pertence a RBMC. Considerado aqui como Base 1.
- CEM1: localiza-se nas dependências do Centro de Estudos do Mar da UFPR, no município de Pontal do Paraná. Sendo neste trabalho a Base 2.

FIGURA 10 – ÁREA DE ESTUDO DO GRUPO 1



FONTE: ADAPTAÇÃO BASE SEMA

O Grupo 2 data do ano de 1999, foi adquirido durante um levantamento na região de Tunas do Paraná, situado à nordeste da região de Curitiba, conforme mostra a figura 11. Os dados foram coletados no dia 18/08/1999. Esta campanha possui 8 pontos. Para este trabalho foram selecionados 3 marcos, sendo:

- PT07: situado na localidade de Lageado;
- PT10: situado na localidade de Barro Vermelho, próximo ao acesso a BR-476, sentido município de Adrianópolis;
- RN2044: RN situada no município de Tunas do Paraná, situado às margens da BR-476; e
- PARA: situado nas dependências da UFPR no município de Curitiba, pertencente a RBMC. Considerada como estação base para este grupo de dados.

FIGURA 11 – ÁREA DE ESTUDO DO GRUPO 2



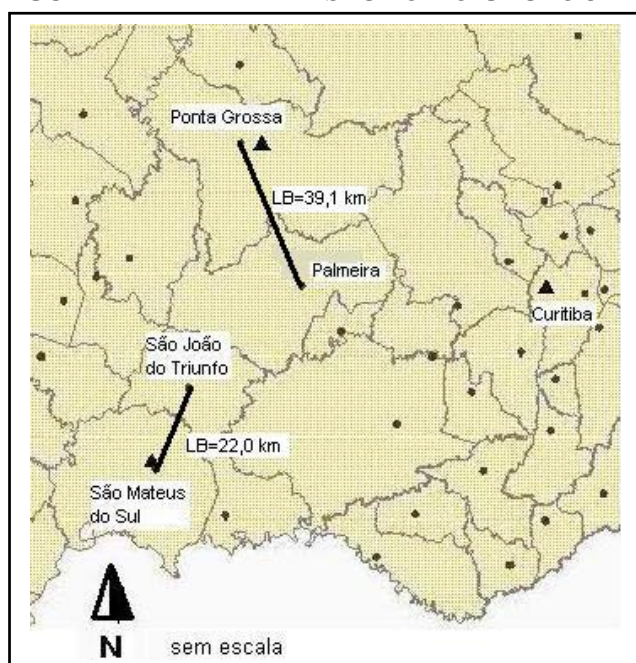
FONTE: ADAPTAÇÃO BASE SEMA

O Grupo 3 também é do ano de 1999, foi coletado durante uma campanha na região dos municípios de Ponta Grossa e São Mateus do Sul, de acordo com a figura 12. Os dados foram levantados nos dias 09/06/1999 e 11/06/1999. Neste período

foram coletados 6 pontos com 2 bases e para esta pesquisa foram selecionados 4 pontos e 2 bases.

- PT01: localiza-se no município de Palmeira.
- PT02: localiza-se no município de Palmeira.
- PT03: localiza-se no município de São João do Triunfo.
- PT04: localiza-se no município de São João do Triunfo.
- BSPG: (base 1) localiza-se no município de Ponta Grossa e pertence à Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná, realizada pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná (SEMA).
- BSSM: (base 2) localiza-se no município de São Mateus do Sul e pertence à Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná, realizada pela SEMA.

FIGURA 12 – ÁREA DE ESTUDO DO GRUPO 3



FONTE: ADAPTAÇÃO BASE SEMA

O Grupo 4 foi coletado no ano de 2000 e adquirido pela equipe do LAGE durante a segunda campanha para implantação da Rede Geodésica do Litoral Paranaense, conforme mostra a figura 10. O levantamento ocorreu no período de 07/02/2000 a 11/02/2000. A campanha completa contém 16 marcos na região do litoral e duas bases, uma em Curitiba e a outra base localiza-se no litoral paranaense.

Para este trabalho foram escolhidos 1 marco pertencente a Rede do Litoral Paranaense e as duas bases citadas.

- TENG: localiza-se no cais da empresa Tenenge, no município de Pontal do Paraná.
- PARA: localiza-se nas dependências da UFPR em Curitiba, próximo ao LAGE e pertence a RBMC. Sendo a Base 1.
- CEM1: localiza-se nas dependências do Centro de Estudos do Mar da UFPR, no município de Pontal do Paraná. Empregada como Base 2 neste trabalho.

TABELA 09 – CASOS EM ESTUDO

Grupo de dados (Casos em Estudo)	Estação Base	Pontos Ocupados	Ano de Observação	Localização dos pontos ocupados
01	PARA CEM1	TREV TENG	1998	Pontal do Paraná e Matinhos
02	PARA	RN2044 PT07 PT10	1999	Tunas do Paraná
03	BSPG (Base 1) BSSM (Base 2)	PT01 PT02 PT03 PT04	1999	Ponta Grossa e São Mateus do Sul
04	PARA CEM1	TENG	2000	Pontal do Paraná

6.1 EQUIPAMENTOS, PROGRAMAS E MÉTODOS EMPREGADOS

Nesta seção serão apresentados os equipamentos, programas para processamento dos dados GPS e métodos de posicionamento empregados nos 4 casos em estudo (seção 6).

6.1.1 Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 1 (Litoral 1998)

Para a coleta de dados de campo do Grupo 1 foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Receptor Ashtech Z-XII dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Receptor Trimble 4000 SSI dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Antena Cinemática Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica 036 Trimble de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Tripés, bipés, trenas, bases e niveladores; e
- 1 micro-computador (para descarga e armazenamento de dados).

6.1.2 Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 2 (Tunas Do Paraná 1999)

Para a coleta de dados de campo do Grupo 2, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Receptor Ashtech Z-XII dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Receptor Trimble 4000 SSI dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Antena Cinemática Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica 036 Trimble de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Tripés, bipés, trenas, bases e niveladores; e
- 1 micro-computador (para descarga e armazenamento dos dados).

6.1.3 Equipamentos Empregados Para A Coleta De Dados Do Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus Do Sul 1999)

Para o levantamento de campo do grupo 3 foram utilizados os equipamentos descritos abaixo:

- Receptor Wild Leica SR 9500 dupla frequência e 12 canais;
- Antenas Geodésicas Wild Leica SR 299 de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Tripés, bipés, trenas, bases e niveladores; e
- 1 micro-computador (para descarga e armazenamento dos dados).

6.1.4 Equipamentos Empregados para a Coleta de Dados do Grupo 4 (Litoral 2000)

Para o levantamento de campo do grupo 4 foram utilizados os equipamentos relacionados abaixo:

- Receptor Ashtech Z-XII dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Receptor Trimble 4000 SSI dupla frequência e 12 canais, com precisão nominal de 5 mm + 1 ppm;
- Antena Cinemática Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica III Ashtech de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Antena Geodésica 036 Trimble de dupla frequência (L_1 e L_2);
- Tripés, bipés, trenas, bases e niveladores; e
- 1 micro-computador (para descarga e armazenamento dos dados).

6.2 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

Para o processamento dos dados GPS coletados em todos os grupos (tabela 09), foram utilizados dois programas comerciais (Prism e Ashtech Solutions), disponíveis no Laboratório de Geodésia Espacial da UFPR – LAGE. Ainda foram utilizados dois programas científicos (Geonap-K e Bernese), para determinação das coordenadas geodésicas precisas (denominadas doravante coordenadas padrão) dos pontos (estações itinerantes). E para análise da qualidade dos dados foi empregado um programa de livre aquisição (TEQC), além de 2 programas para transformação entre sistemas de referência (TRWGS_SAD e TRGEO_XYZ). Uma descrição sucinta do emprego de cada um é feita a seguir:

- Prism desenvolvido pela empresa Ashtech Inc. Foi utilizado para processamento das observações empregando diversas estratégias, são elas: L1, Wide Lane (combinação entre L_1 e L_2), LC (livre de ionosfera) e Wide Lane e LC com omissão de satélites;

- Ashtech Solutions desenvolvido pela Ashtech Inc.: utilizado para processamento das observações um nível de confiança a 95%;
- Geonap-K: desenvolvido pela Universidade de Hannover, Alemanha, e atualmente aprimorado e comercializado pela empresa Geo++. Este programa científico foi utilizado para determinação das coordenadas padrão, utilizando várias estratégias buscando a solução de ambigüidades através da combinação de fase das portadoras. Como por exemplo: *Wide Lane*, *Narrow Lane* e L_o (*ionfree*). Por ser um programa científico o usuário necessita de conhecimentos específicos para manipulação e interpretação dos dados e resultados obtidos;
- Bernese: desenvolvido pela Universidade de Berne, Suíça. Este programa possui caráter científico, análogo ao Geonap-K, permite combinações lineares entre as portadoras L1 e L2 (*Wide Lane* e *ionfree*), resolução das ambigüidades por meio de combinação entre códigos e fase das portadoras, bem como possui vários modelos ionosféricos, como por exemplo: modelo de lâmina ionosférica. Para utilização deste programa o usuário também necessita de conhecimentos para aplicação e análise dos dados;
- TEQC (*Translate, Edit, Quality Check*) produzido pela UNAVCO – Universidade de Consortium, utilizado para análise da qualidade dos dados coletados em relação a por exemplo, à atividade ionosférica, multicaminho e perdas de ciclos;
- TRWGS_SAD: desenvolvido em ambiente MatLab pela autora desta pesquisa para transformar as coordenadas obtidas pelo GPS referenciadas ao sistema WGS-84 para o sistema de referencia

SAD-69. Para as transformações foi empregado o formulário de Molodenski simplificado; e

- TRGEO_XYZ: desenvolvido em ambiente MatLab pela autora desta pesquisa. Este programa tem a finalidade de transformar as coordenadas geodésicas (φ , λ e h) em coordenadas retangulares UTM, utilizando o formulário de Puissant.

Os programas Geonap-K e Bernese foram empregados para determinação das coordenadas geodésicas precisas dos pontos de todas as campanhas, visando comparações futuras. Devido à qualidade obtida nos resultados com o emprego dos programas científicos, adotou-se como padrão as coordenadas geodésicas determinadas por eles. Com estas coordenadas e seus vetores tornou-se possível realizar as análises propostas neste trabalho.

6.3 MÉTODOS EMPREGADOS PARA O PROCESSAMENTO

Todos os dados foram coletados empregando-se o método de posicionamento relativo com a técnica estática. A taxa de gravação dos dados foi de 15 segundos, sendo que um tempo mínimo de permanência nos pontos foi de 1 hora e 52 minutos e no máximo de 23 horas e 59 minutos, conforme pode-se observar nas tabelas 10, 11, 12 e 13. Nessas tabelas percebe-se o ponto (estação itinerante e estação base) ocupado, o horário de início e término do posicionamento, o tempo de rastreamento, a data do levantamento e o dia GPS em que foi realizado o posicionamento para cada um dos grupos de dados (tabela 09).

TABELA 10 – TEMPO DE PERMANÊNCIA GRUPO 1 – LITORAL 1998

GRUPO 1 – LITORAL 1998					
PONTO	HORÁRIO INICIO (HORA LOCAL)	HORÁRIO TÉRMINO (HORA LOCAL)	TEMPO DE RASTREIO	DATA	DIA GPS
TREV	12 h e 55 min	16 h e 27 min	3 h e 32 min	06/02/1998	037
CEM1	11 h e 22 min	17h e 15 min	5 h e 53 min	06/02/1998	037
PARA	00 h e 01 min	23 h e 59 min	23 h e 59 min	06/02/1998	037
CEM1	12 h e 20 min	20 h e 45 min	8 h e 25 min	10/02/1998	041
PARA	00 h e 01 min	23 h e 59 min	23 h e 59 min	10/02/1998	041
TENG	16 h e 07 min	22 h e 12 min	6 h e 5 min	11/02/1998	042
CEM1	15 h e 38 min	23 h e 20 min	7 h e 42 min	11/02/1998	042

TABELA 11 – TEMPO DE PERMANÊNCIA GRUPO 2 –TUNAS DO PARANÁ 1999

GRUPO 2 – TUNAS DO PARANÁ 1999					
PONTO	HORÁRIO INICIO (HORA LOCAL)	HORÁRIO TÉRMINO (HORA LOCAL)	TEMPO DE RASTREIO	DATA	DIA GPS
PT07	21 h e 46 min	23 h e 46 min	2 h	18/08/1999	230
PT10	18 h e 51 min	20 h e 55 min	2 h e 4 min	18/08/1999	230
RN2044	10 h e 41min	00 h e 11 min	8 h e 30 min	18 e 19/08/1999	230
PARA	13 h e 06 min	23 h e 59 min	9 h e 53 min	18/08/1999	230

TABELA 12 – TEMPO DE PERMANÊNCIA GRUPO 3 – PONTA GROSSA SÃO MATEUS DO SUL 1999

GRUPO 3 – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL 1999					
PONTO	HORÁRIO INICIO (HORA LOCAL)	HORÁRIO TÉRMINO (HORA LOCAL)	TEMPO DE RASTREIO	DATA	DIA GPS
PT01	11 h e 50 min	15 h e 50 min	4 h e 00 min	09/06/1999	160
PT02	15 h e 57 min	19 h e 58 min	4 h e 01 min	09/06/1999	160
BSPG	10 h e 38 min	20 h e 56 min	10 h e 18 min	09/06/1999	160
PT03	16 h e 08 min	18 h e 08 min	2 h e 00 min	11/06/1999	162
PT04	13 h e 58 min	15 h e 59 min	2 h e 01 min	11/06/1999	162
BSSM	13 h e 23 min	18 h e 37 min	5 h e 14 min	11/06/1999	162

TABELA 13 – TEMPO DE PERMANÊNCIA GRUPO 4 –LITORAL 2000

GRUPO 4 – LITORAL 2000					
PONTO	HORÁRIO INICIO (HORA LOCAL)	HORÁRIO TÉRMINO (HORA LOCAL)	TEMPO DE RASTREIO	DATA	DIA GPS
TENG	16 h e 41 min	22 h 05 min	5 h e 24 min	07/02/2000	038
CEM1	17 h e 06 min	22 h e 15 min	5 h e 9 min	07/02/2000	038
PARA	00 h e 01 min	23 h e 59 min	23 h e 59 min	07/02/2000	038
TENG	13 h e 33 min	19 h e 30 min	5 h e 57 min	10/02/2000	041
CEM1	12 h e 25 min	20 h e 19min	7 h e 54 min	10/02/2000	041
PARA	00 h e 01 min	23 h e 59 min	23 h e 59 min	10/02/2000	041
TENG	12 h e 28 min	19 h e 30 min	6 h e 58 min	11/02/2000	042
CEM1	11 h e 43 min	20 h e 40 min	8 h e 57 min	11/02/2000	042
PARA	00 h e 01 min	23 h e 59 min	23 h e 59 min	11/02/2000	042

As coordenadas geodésicas do marco CEM1 (Grupo 1 - Litoral 1998), foram determinadas por meio de um posicionamento relativo estático, utilizando-se como estação base o PARA. A linha de base formada foi de aproximadamente 89,6 km. Os dados foram coletados durante 9 dias de rastreamento sucessivos, sendo pós-processados e ajustados pelo programa científico Bernese, ver tabela 14.

Os demais marcos pertencentes ao Grupo 1, tiveram suas coordenadas geodésicas padrão determinadas através do mesmo método de posicionamento, tendo como estação base o CEM1. As linhas de base formadas entre o ponto CEM1 e os pontos TREV e TENG foram de aproximadamente 18,7 km e 4,4 km respectivamente. Os dados brutos foram pós-processados pelo programa Geonap-K, ver tabela 14.

TABELA 14 - COORDENADAS PADRÃO (WGS-84) GRUPO 1 (LITORAL 1998)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	PROGRAMA
CEM1	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13040"	1,284	BERNESE
TREV	-25° 41' 50,39450"	-48° 28' 33,26840"	4,812	GEONAP-K
TENG	-25° 32' 53,16390"	-48° 23' 03,43310"	1,995	GEONAP-K

Os dados do Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) utilizaram como base o ponto PARA, para a determinação de suas coordenadas padrão. A aquisição dos dados foi a partir de um posicionamento relativo estático. O ponto chamado RN2044, teve suas coordenadas padrão obtidas com o processamento dos dados GPS pelo programa Geonap-K (tabela 15). As coordenadas padrão para os demais pontos ocupados neste grupo, foram obtidos com o processamento dos dados GPS com o programa Prism (tabela 15). As linhas de base formadas entre a base PARA e os pontos RN2044, PT07 e PT10, foram de aproximadamente 55,9 km, 59,4 km e 59,2 km respectivamente.

TABELA 15 - COORDENADAS PADRÃO (WGS-84) GRUPO 2 (TUNAS DO PARANÁ 1999)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	PROGRAMA
RN2044	-24° 57' 31,58420"	-49° 05' 49,11109"	961,686	GEONAP-K
PT07	-24° 55' 22,26187"	-49° 06' 47,46453"	897,739	PRISM
PT10	-24° 55' 36,67397"	-49° 06' 02,14499"	1073,371	PRISM

O Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul) possui duas bases, a primeira chamada de base Ponta Grossa (BSPG), a segunda chamada base São Mateus do Sul (BSSM), ambas pertencentes a Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná. As coordenadas padrão dos pontos PT01 e PT02 foram determinadas utilizando-se como estação base o ponto BSPG, os pontos PT03 e PT04 utilizaram como estação base o ponto BSSM. Os comprimentos das linhas de base formadas entre a estação base BSPG e os pontos PT01 e PT02 foram de aproximadamente 39,1 km e 39,2 km respectivamente. Para a estação base BSSM e os pontos PT03 e PT04 as linhas de base formadas foram de 22,3 km e 22,2 km respectivamente. Todos os pontos ocupados nesta campanha obtiveram suas coordenadas padrão determinadas através do programa Geonap-K (tabela 16).

TABELA 16 - COORDENADAS PADRÃO (WGS-84) GRUPO 3 (PONTA GROSSA / SÃO MATEUS DO SUL 1999)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	PROGRAMA
BSPG	-25° 05' 43,40039"	-50° 06' 18,47475"	911,953	
BSSM	-25° 51' 36,37881"	-50° 23' 50,60991"	791,469	
PT01	-25° 26' 03,90401"	-49° 59' 40,43446"	881,989	GEONAP-K
PT02	-25° 26' 06,37930"	-49° 59' 41,84361"	881,981	GEONAP-K
PT03	-25° 40' 46,13787"	-50° 17' 43,58828"	794,780	GEONAP-K
PT04	-25° 40' 47,76154"	-50° 17' 59,96747"	793,550	GEONAP-K

Para o Grupo 4 (Litoral 2000), foi adotada como estação base o ponto denominado CEM1. Este ponto teve suas coordenadas anteriormente determinadas, porém, uma nova ocupação foi realizada durante 5 dias consecutivos, com tempo médio de ocupação de 9 horas e posicionamento relativo entre este ponto e a estação

PARA. Seus dados foram pós-processados pelo programa científico Bernese (tabela 17). A linha de base formada entre este ponto e a base foi de aproximadamente 89,6 km.

O ponto TENG pertencente a esta campanha teve sua coordenada padrão obtida através do processamento dos dados GPS pelo programa Bernese (tabela 17). O método de posicionamento empregado foi o relativo estático, e utilizou-se como estação base o ponto CEM1. A linha de base formada foi de 4,4 km.

TABELA 17 - COORDENADAS PADRÃO (WGS-84) GRUPO 4 (LITORAL 2000)

MARCO	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	PROGRAMA
CEM1	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13040"	1,284	BERNESE
TENG	-25° 32' 53,16390"	-48° 23' 03,43310"	1,995	BERNESE

7 RESULTADOS E ANÁLISES

Diversos processamentos foram realizados com os dados brutos GPS coletados nos quatro grupos selecionados para este estudo e descritos nesta seção. Os resultados alcançados e as análises realizadas são apresentados na sequência.

7.1 PROCEDIMENTOS E ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO DOS PROGRAMAS EMPREGADOS NA OBTENÇÃO DOS RESULTADOS DE TODOS OS GRUPOS DE DADOS

Para obtenção dos resultados de todos os grupos de observações, foram utilizadas cinco estratégias de processamento no programa comercial Prism e uma estratégia com o programa comercial Ashtech Solutions (seção 6.2).

O programa comercial Ashtech Solutions demonstrou durante os processamentos ser pouco flexível, não permitindo algumas ações por parte do usuário, tais como: seleção de combinações lineares entre as portadoras, omissão de satélites ou troca do satélite base. Os únicos recursos que permitem a intervenção do usuário, são com relação ao nível de confiança do processamento que pode ser de 95% ou de acordo com o erro padrão determinado pelo programa. Para esta pesquisa o nível de confiança escolhido foi o de 95%, isto para que os resultados se tornassem compatíveis aos obtidos pelo programa Prism (a confiabilidade do processamento neste programa, deve ser superior a 95% para que a solução seja considerada satisfatória).

Para o programa Prism, foram adotadas estratégias de acordo com o comprimento das linhas de base medidas. Para as linhas de base de até 20 km foi utilizado o processamento apenas com a onda portadora L_1 . Para as bases acima de

20 km foram utilizadas as estratégias *Wide Lane* (WL), *Ionosphere-free* (LC), *Wide Lane* (WL) com omissão de satélites e *Ionosphere-free* (LC) com omissão de satélites.

A primeira estratégia de processamento utilizou apenas a onda portadora L_1 e dados brutos totais coletados. Os resultados obtidos serviram para validar as coordenadas chamadas de padrão (tabelas 13 a 16).

A seqüência que o programa Prism utiliza para resolução das ambigüidades é a seguinte:

- 1) inicialmente realiza uma tripla diferença de fase para identificar os saltos de ciclos e para determinar as coordenadas preliminares dos pontos de coordenadas desconhecidas;
- 2) na seqüência usa a dupla diferença de fase fixando as ambigüidades para números não inteiros, gerando uma solução flutuante; e
- 3) finalmente realiza novamente uma dupla diferença de fase fixando as ambigüidades para números inteiros, quando possível, gerando uma solução fixa.

A segunda estratégia de processamento utilizou a combinação linear *Wide Lane* (WL) e dados brutos totais coletados. Esta é uma combinação resultante da diferença entre as portadoras L_1 e L_2 , de acordo com a seguinte equação (HOFMANN-WELLENHOF et al, 1993, p.84):

$$f_{n1,n2} = n_1 \cdot f_1 + n_2 \cdot f_2 \quad (07)$$

onde:

$f_{n1,n2}$: frequência da onda resultante;

n_1 : 1;

f_1 : frequência da onda portadora L_1 ;

n_2 : -1;

f_2 : frequência da onda portadora L_2 .

Esta combinação linear gera uma onda com comprimento de 86,2 cm, que por ser maior que os comprimentos das ondas portadoras L_1 (19,05 cm) e L_2 (24,45 cm), ajuda na resolução das ambigüidades (BRICEÑO, 2000, p. 19).

O procedimento de cálculo do programa Prism na solução das ambigüidades para a combinação *Wide Lane* (WL) é o mesmo seguido para L_1 .

Nesta pesquisa para a obtenção da solução fixa das ambigüidades, a combinação WL foi utilizada nas linhas de base entre 20 km e 59 km. Acima desta distância a solução obtida foi a Dupla Diferença de Fase (DDF) flutuante (solução *float* com LC).

A terceira estratégia de processamento empregada foi a *Ionosphere-free* ou Livre de ionosfera (LC). Quando tem-se bruscas variações de ionosfera esta estratégia deve ser empregada, a qual também possibilita a modelagem da ionosfera. Ressalta-se que FONSECA (2003, p.31) indica que o ano de 1998 é de média atividade ionosférica e que os anos de 1999 e 2000 são de alta atividade.

A combinação LC, também simbolizada como L_3 ou L_0 , é o resultado de uma combinação linear entre as fases das portadoras L_1 e L_2 e gera uma onda de 5,4 cm, veja a equação 08 (HOFMANN-WELLENHOF et al, 1993, p.85):

$$f_{L3} = f_{L1} - (f_{L2} / f_{L1}) \cdot f_{L2} \quad (08)$$

onde:

f_{L3} : frequência resultante (livre de ionosfera) L_3 ;

f_{L1} : frequência da onda portadora L_1 ; e

f_{L2} : frequência da onda portadora L_2 .

A sequência que o programa Prism utiliza para resolução das ambigüidades para o modo *Ionosphere-free* (LC) é a seguinte:

- 1) A tripla diferença de fase identifica as perdas de ciclos e os vetores formados; e
- 2) A dupla diferença flutuante da solução LC tenta corrigir as perdas de ciclos, e fixar os valores de não inteiros, para proporcionar a solução final.

A quarta e a quinta estratégias empregadas são semelhantes às demonstradas anteriormente, porém com a omissão de alguns satélites, que podem estar prejudicando a qualidade do resultado. Salienta-se que eles podem, por exemplo, estar contribuindo com poucas observações.

Na tabela 18 apresenta-se um resumo das estratégias adotadas nos processamentos dos grupos de dados com as devidas nomenclaturas adotadas nas seções abordadas na sequência.

TABELA 18 – RESUMO DAS ESTRATÉGIAS ADOTADAS

Nomenclatura	Estratégia
WL	<i>Wide Lane</i>
LC	<i>Ionosphere free</i>
WLSS	<i>Wide Lane</i> com omissão de satélites
LCSS	<i>Ionosphere free</i> com omissão de satélites
C95	Confiabilidade da solução de 95%
L1	Fase da portadora L_1

7.2 PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE E RESULTADOS ALCANÇADOS

Para a implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal, alguns critérios existentes na norma NBR 14.166 devem ser satisfeitos. Dentre estes requisitos gerais, o primeiro trata da existência de marcos geodésicos do IBGE na área de estudo (capítulo 5, sub-item 5.2.1). Quando isto não for possível, deve-se então transportar para dentro da área de trabalho uma coordenada a partir de um marco do IBGE mais próximo. Desta forma, em regiões mais distantes ou desprovidas de apoio geodésico, faz-se necessário o transporte de coordenadas de um vértice pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Com o emprego do GPS é possível fazer este transporte mesmo que a distância supere a recomendada pelas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos do IBGE publicada em 1998. Esta norma indica no Quadro I (p.02), que para um levantamento de precisão de 2ª ordem, a distância entre as estações esteja entre 10 e 70 km.

Segundo SEEGER (2003, p.351), a escolha do modo de observação depende do objetivo a que se destina o levantamento, da precisão almejada, do número e tipo de receptores disponíveis e de condições logísticas.

Nesta pesquisa testes foram realizados com distâncias superiores a 80 km. As linhas de base formadas com esta distância, foram aplicadas para o transporte de coordenadas de um ponto situado em Curitiba denominado PARA (marco 91.105) pertencente a RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo e o outro na região do litoral paranaense (CEM1).

Este procedimento foi utilizado para todos os grupos com exceção do terceiro, que utilizou como marco de apoio imediato pontos pertencentes à Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná, realizada pela SEMA.

Os processamentos dos grupos (tabela 09) foram realizados empregando as estratégias indicadas na tabela 18. Segundo as linhas de base formadas, estes processamentos foram subdivididos em:

- linhas de base longa (LBL): são as linhas de base com mais de 20 km;
- linhas de base curta (LBC): são as linhas de base com comprimento igual ou inferior a 20 km.

Na tabela 19 apresenta-se um resumo das análises a serem realizadas na sequência desta seção. Esta tabela indica o tipo de linha de base, o grupo de dados empregado na análise, o ano de observação, o fim a que se destina à análise, as estações envolvidas (base e itinerante), o comprimento aproximado da linha de base, o dia GPS em que foi realizado o levantamento e as análises realizadas nestes processamentos.

Em todas as análises serão adotadas as simbologias apresentadas, visando facilitar a compreensão da seção. Na tabela 20 percebe-se a simbologia adotada, o programa empregado no processamento e a estratégia utilizada (tabela 18).

TABELA 19 – RESUMO DAS ANÁLISES REALIZADAS

Tipo de LB	Grupo	Ano de Observ.	Objetivo	Estação Base	Estação Itinerante	LB aproxim.	Dia GPS	Análises no Processam.
LBL	01	1998	IMG	PARA	CEM1	89,6 km	37 41	RMS RATIO EB Δh
LBL	04	2000	IMG	PARA	CEM1	89,6 km	38 41 42	RMS RATIO EB Δh
LBL	02	1999	IRRCM	PARA	RN2044 PT07 PT10	55,8 km	230	RMS RATIO EB Δh
LBL	03	1999	IRRCM	BSPG	PT01 PT02	39,1 km	160	RMS RATIO EB Δh
				BSSM	PT03 PT04	22,0 km	162	
LBC	01	1998 2000	IRRCM	CEM1	TENG	4,4 km	37 42	RMS RATIO EB Δh
	04				TREV	18,6 km	38 41 42	

NOTA:

LBL: Linha de base longa > 20 km;

IMG: Implantação de marco geodésico;

IRRCM: Implantação de Rede de Referência Cadastral Municipal;

LBC: Linha de base curta ≤ 20 km;

LB: linha de base;

RMS: erro médio quadrático (*root mean square*);

RATIO: confiabilidade do processamento;

E.B: erro bidimensional; e

Δh : diferenças entre as altitudes geométricas obtidas.

TABELA 20 – SIMBOLOGIA DE PROCESSAMENTO PARA AS ANÁLISES A SEREM REALIZADAS

Processamento	Programa	Estratégia.
A	Prism	WL
B	Prism	LC
C	Prism	WLSS
D	Prism	LCSS
E	Ashtech Solutions	C95
F	Prism	L1

Verifica-se na tabela 19 que será analisado o Erro Bidimensional (EB). Ele é calculado para todas as análises através da seguinte fórmula (equação 09):

$$EB = \sqrt{\sigma_{\varphi}^2 + \sigma_{\lambda}^2} \quad (09)$$

Onde:

σ_{φ} : desvio padrão da coordenada φ (latitude); e

σ_{λ} : desvio padrão da coordenada λ (longitude).

7.2.1 Linhas de Bases Longas – Grupo 1 (Litoral 1998) – Implantação de Marco Geodésico

Esta primeira linha de base longa é formada entre os pontos PARA e CEM1. Ela possui aproximadamente 89,6 km, portanto, não se enquadra para implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal, cujo limite é de aproximadamente 71 km, além da grande diferença de altitude entre os pontos que ultrapassa aos 150 m permitidos. Porém, se fez necessária para a implantação de um marco de apoio imediato dentro da área de trabalho.

A coordenada padrão para o ponto CEM1 encontra-se indicada na tabela 14. As coordenadas geodésicas obtidas para o CEM1, tendo-se como estação base o ponto PARA no dia GPS 37, com os processamentos indicados na tabela 20, podem ser observadas na tabela 21.

TABELA 21 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO CEM1

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	LB (km)
A	37	-25° 34' 22,95196"	-48° 21' 00,12917"	1,5314	89,6385973
B	37	-25° 34' 22,95196"	-48° 21' 00,12917"	1,4520	89,6385976
C	37	-25° 34' 22,95188"	-48° 21' 00,13025"	1,4260	89,6385680
D	37	-25° 34' 22,95196"	-48° 21' 00,12917"	1,4520	89,6385980

TABELA 22 – PARÂMETROS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO PONTO CEM1 (DIA GPS 37)

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	37	FLOAT	0,0234	13
B	37	FLOAT	0,0235	13
C	37	100	0,0238	7
D	37	FLOAT	0,0235	7

Observando-se as tabelas 21 e 22 nota-se, que o processamento C gerou a melhor solução, em face de que a coordenada obtida apresenta o valor mais próximo à coordenada padrão, bem como o menor valor de RMS (erro médio quadrático) e o melhor RATIO (confiabilidade da solução). É importante lembrar que o valor do RATIO será aceitável quando este for maior que 95%, significando que todas as ambigüidades foram resolvidas com números inteiros, ou seja, a solução obtida é da DDF (Dupla Diferença de Fase) fixa. Quando a solução for *FLOAT*, indica que as ambigüidades foram resolvidas com números fracionários, portanto, a solução é chamada de flutuante.

Os dados brutos deste grupo não possibilitaram o processamento E.

A tabela 23 apresenta as coordenadas geodésicas obtidas nos processamentos realizados no dia GPS 41 para as estações PARA e CEM1.

TABELA 23 - COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM. (m)	LB (km)
A	41	-25° 34' 22,95145"	-48° 21' 00,12940"	1,3549	89,6385901
B	41	-25° 34' 22,95145"	-48° 21' 00,12940"	1,3549	89,6385901
C	41	-25° 34' 22,95101"	-48° 21' 00,12740"	1,3690	89,6386430
D	41	-25° 34' 22,95144"	-48° 21' 00,12940"	1,3550	89,6385900

Observando-se a tabela 23 e comparando as coordenadas geodésicas com a coordenada padrão, nota-se que os resultados obtidos com o processamento C para latitude, longitude e altitude geométrica, não foram os mais próximos a coordenada considerada verdadeira. Porém, na tabela 24 apresentam-se os parâmetros obtidos com os processamentos realizados. Constata-se que o processamento C forneceu a melhor solução para o dia GPS 41. Ela apresenta um Ratio de 99,83% e um RMS de 0,0208 m.

TABELA 24 – PARÂMETROS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41)

PONTO	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	41	FLOAT	0,0308	12
B	41	FLOAT	0,0308	12
C	41	99,83	0,0208	7
D	41	FLOAT	0,0241	7

Do exposto até o presente momento verifica-se que para este primeiro grupo de dados, analisando-se a base longa, as melhores soluções nos dias GPS 37 e 41, foram obtidos com o processamento C, ou seja, com *Wide Lane* com omissão de satélites pelo programa Prism.

7.2.1.1 Análise do Erro Bidimensional Grupo 1 (Litoral 1998) - para Linhas de Base Longas

Esta análise foi realizada com intuito de mostrar o erro nas coordenadas planimétricas de forma conjunta e de acordo com a equação 09 indicada na seção 7.2.

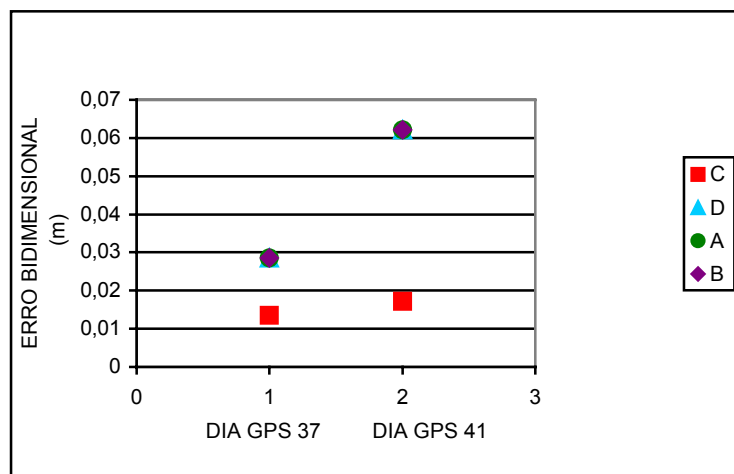
A tabela 25 mostra o erro bidimensional (EB) para o ponto CEM1 nos dias GPS 37 e 41. Estes valores foram obtidos pelos processamentos dos dados indicados na tabela 20.

TABELA 25 – ERRO BIDIMENSIONAL (EB) - PONTO CEM1

PROCESSAM.	E.B. DIA 37 (m)	E.B. DIA 41 (m)
A	0,0286	0,0621
B	0,0286	0,0621
C	0,0135	0,0172
D	0,0286	0,0621

No gráfico 01, observa-se os valores do EB para os dias 37 e 41 obtidos para o ponto CEM1. Eles confirmam a conclusão obtida no item 7.2.1, que indica o processamento C (*Wide Lane* com omissão de satélites), como sendo o de menores resíduos.

GRÁFICO 01 – ERRO BIDIMENSIONAL PONTO CEM 1 (DIAS GPS 37 E 41)



7.2.1.2 Análise da Diferença na Altitude Geométrica - Grupo 1 (Litoral 1998) - Para Linhas de Base Longas

Esta análise foi realizada para detecção da diferença na altitude geométrica do ponto CEM1. O procedimento de cálculo é feito através da diferença entre a altitude geométrica padrão e as demais altitudes obtidas nos diferentes processamentos (tabela 17).

Na tabela 26, observa-se os valores obtidos para estas diferenças. Os resultados apresentados nesta tabela mostram que, para o dia GPS 41 eles são da ordem do centímetro, enquanto que para o dia GPS 37 estas diferenças estão na ordem de decímetros.

Diversas podem ser as causas que acarretam estas diferenças para os dias GPS 37 e 41, dentre elas pode-se citar: à influência ionoférica, à influência troposférica, a constelação de satélites rastreados e a geometria durante o levantamento realizado. A influência ionosférica será uma das causas analisadas posteriormente (seção 7.4).

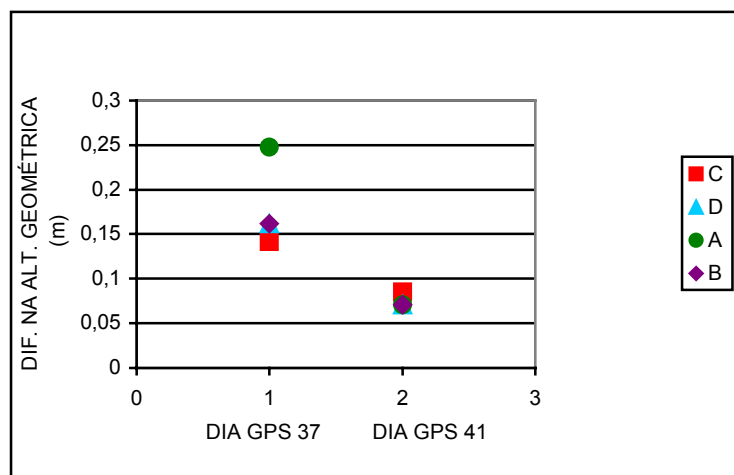
TABELA 26 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA - PONTO CEM1

PROCESSAM.	DIFERENÇA (m) DIA 37	DIFERENÇA (m) DIA 41
A	0,2474	0,0709
B	0,1680	0,0709
C	0,1420	0,0850
D	0,1680	0,0710

No gráfico 02, apresentam-se as diferenças altimétricas indicadas na tabela 26. Percebe-se claramente que a menor diferença no dia GPS 37 ocorreu para o processamento C e para o dia GPS 41 as diferenças são praticamente homogêneas para os diversos processamentos (tabela 18).

Constata-se que no dia GPS 41 houve um tempo de ocupação no ponto CEM1 de 8 horas e 25 min (tabela 09) e para o dia 37 este foi igual a 5 horas e 53 min.

GRÁFICO 02 – DIFERENÇA ENTRE A ALTITUDE GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA PONTO CEM1 (DIAS GPS 37 E 41)



7.2.2 Linhas de Bases Longas – Grupo 4 (Litoral 2000) – Implantação de Marco Geodésico

Para este grupo de dados, o ponto utilizado como estação base foi o PARA e a estação itinerante o ponto CEM1. Os processamentos utilizados para obtenção das coordenadas geodésicas do ponto CEM1, podem ser observados na tabela 20. A linha de base formada entre esses pontos foi de aproximadamente 89,6 km, portanto não se enquadra para a implantação de uma RREFCM, de acordo com os limites estabelecidos na seção 2.2.3. Porém esta análise se faz necessária para a implantação de um marco de apoio imediato dentro da área de trabalho.

As coordenadas geodésicas calculadas para o ponto CEM1 dia GPS 38 encontra-se indicada na tabela 27.

TABELA 27 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 38)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	LB (km)
A	38	-25° 34' 22,95173"	-48° 21' 00,13001"	1,3250	89,638575
B	38	-25° 34' 22,95173"	-48° 21' 00,13001"	1,3250	89,638575
C	38	-25° 34' 22,95190"	-48° 21' 00,12931"	1,2940	89,638595
D	38	-25° 34' 22,95186"	-48° 21' 00,15993"	1,296	89,638578
E	38	-25° 34' 22,95329"	-48° 21' 00,13082"	1,375	89,638560

TABELA 28 – PARÂMETROS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO PONTO CEM1 (DIA GPS 38)

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	38	FLOAT	0,0223	13
B	38	FLOAT	0,0223	13
C	38	100	0,0227	09
D	38	FLOAT	0,0220	09
E	38	95	0,4440	13

Observando-se as tabela 27 e 28 nota-se que o processamento C proporcionou a melhor solução para o ponto CEM1 dia GPS 38, em função dos valores para RMS e Ratio, que se mostraram inferiores aos demais, além de que pode-se observar que a solução obtida neste processamento foi o da DDF fixa. Unindo os resultados obtidos na tabela 28 à solução apresentada na tabela 27, justifica-se a solução C como mais adequada.

A tabela 29 apresenta as coordenadas geodésicas calculadas para o ponto CEM1 no dia GPS 41 para os diferentes processamentos.

TABELA 29 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 41)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. ELIPS. (m)	LB (km)
A	41	-25° 34' 22,95232"	-48° 21' 00,13094"	1,5910	89,638551
B	41	-25° 34' 22,95232"	-48° 21' 00,13094"	1,5910	89,638575
C	41	-25° 34' 22,95177"	-48° 21' 00,13069"	1,5710	89,638570
D	41	-25° 34' 22,95231"	-48° 21' 00,13094"	1,5910	89,638551
E	41	-25° 34' 22,95282"	-48° 21' 00,12865"	1,514	89,638617

A tabela 30, mostra os valores obtidos para a confiabilidade da solução (Ratio), o valor do RMS (erro médio quadrático) e o número de satélites rastreados para cada um dos processamentos.

TABELA 30 – PARÂMETROS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO PONTO CEM1 (DIA GPS 41)

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	41	FLOAT	0,0803	14
B	41	FLOAT	0,0803	14
C	41	99,99	0,0362	08
D	41	FLOAT	0,0804	08
E	41	95	0,1490	14

Verifica-se que o processamento C apresenta a melhor solução, visto que a coordenada obtida apresenta os valores mais aproximados em relação a coordenada padrão, bem como, o menor valor de RMS, melhor Ratio e a solução obtida é da DDF fixa.

Na tabela 31, observa-se as coordenadas geodésicas obtidas com os diferentes processamentos (tabela 20) para o ponto CEM1 no dia GPS 42 e na tabela 32 percebe-se os valores obtidos para o Ratio, RMS e número de satélites.

TABELA 31 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO CEM1 (DIA GPS 42)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM. (m)	LB (km)
A	42	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13165	1,4040	89,638529
B	42	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13165"	1,4040	89,638529
C	42	-25° 34' 22,95146"	-48° 21' 00,13013"	1,398	89,638553
D	42	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13165"	1,4040	89,638529
E	42	-25° 34' 22,95161"	-48° 21' 00,13136"	1,480	89,638536

TABELA 32 – PARÂMETROS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO PONTO CEM1 (DIA GPS 42)

PONTO	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	42	FLOAT	0,0803	14
B	42	FLOAT	0,0803	14
C	42	100	0,0311	09
D	42	FLOAT	0,0804	09
E	42	95	0,1490	14

Avaliando-se as tabelas 31 e 32 observa-se que a melhor solução entre os 5 processamentos (tabela 20) foi proporcionada pelo processamento C (WLSS/Prism). É importante observar que a linha de base formada neste caso é de 89,6 km.

Constata-se observando-se as tabelas 28, 30 e 32, que as soluções para o processamento A (WL/Prism) tiveram um resultado flutuante (FLOAT), ou seja, o processo de cálculo é feito análogamente ao processamento para B (LC/Prism). Isto é facilmente percebido através da comparação entre os resultados para os processamentos A e B, pois tanto os valores de RMS, de ratio e das coordenadas são iguais.

Com esta constatação verifica-se que há casos em que a retirada de dados brutos de um ou mais satélites pode conduzir a soluções mais confiáveis, possibilitando até uma completa fixação das ambigüidades.

Percebe-se também que a manipulação dos dados durante os processamentos por parte dos operadores torna-se, por vezes, decisiva visando obter-se qualidade e confiabilidade nas soluções.

Os processamentos realizados com estes dados mostraram que a omissão de satélites contribui para um bom resultado quando aplicado no processamento A (WL/Prism), contudo, para o processamento B (LC/Prism) tornou-se algumas vezes prejudicial.

Na seção (7.4) será ainda analisado efeito da influência da atividade ionosférica nestes processamentos.

7.2.2.1 Análise do Erro Bidimensional Grupo 4 (Litoral 2000) - Linhas de Base Longas

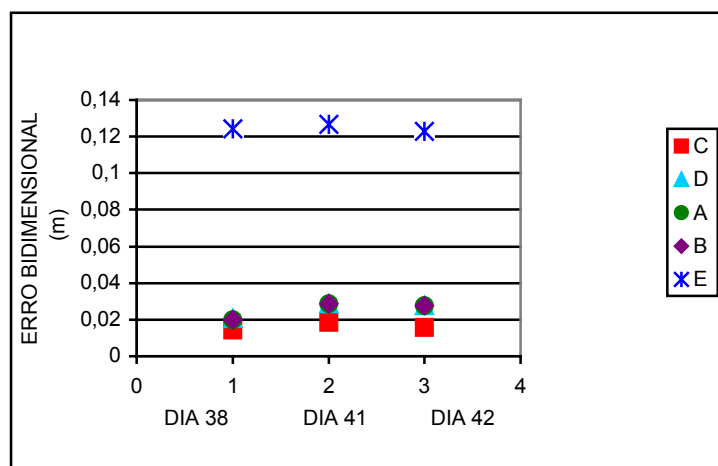
Nesta subseção aplica-se o mesmo formulário indicado na seção 7.2.

A tabela 33 apresenta o erro bidimensional obtido para o ponto CEM1 nos dias GPS 38, 41 e 42 para os diferentes processamentos.

TABELA 33 – ERRO BIDIMENSIONAL (EB) - PONTO CEM1

ESTRATÉGIA	EB DIA 38 (m)	EB DIA 41 (m)	EB DIA 42 (m)
A	0,0198	0,0286	0,0278
B	0,0198	0,0286	0,0278
C	0,0142	0,0184	0,0156
D	0,0205	0,0286	0,0278
E	0,3643	0,1266	0,1230

GRÁFICO 03 – ERRO BIDIMENSIONAL PARA O PONTO CEM1 (DIAS GPS 38,41 e 42)



O gráfico 03 apresenta os valores do erro bidimensional (EB), ou seja, o erro planimétrico obtido para o ponto CEM1 nos 3 dias de processamento. Verifica-se que a solução obtida com o program Ashtech Solutions (processamento E) apresenta EB superior aos demais processamentos (A à D). Enquanto esses apresentam EB da ordem de centímetros (< 2,9 cm) aqueles apresentam valores da ordem de decímetros (< 36 cm). O menor E.B. obtido foi para o processamento C (WLSS/Prism) para os 3 dias GPS processados.

Analisando-se os EB indicados na tabela 33 pode-se dizer que provavelmente há um ruído do programa, visto que os processamentos A à D foram realizados com o Programa Prism e o processamento E com o programa Ashtech Solutions.

Salienta-se que um programa deverá ter seus parâmetros de confiabilidade cuidadosamente analisados. Sendo conveniente e recomendável uma aplicação inicial sobre uma área teste.

7.2.2.2 Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 4 (Litoral 2000) - Linhas de Base Longas

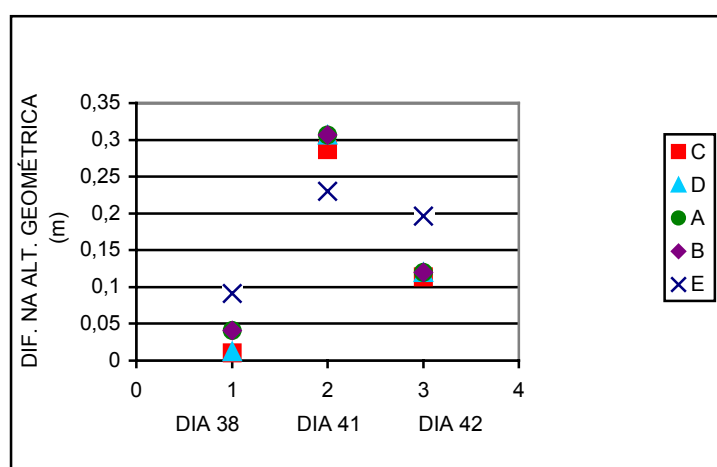
Nesta seção os resultados apresentados mostram as diferenças na altitude geométrica, do ponto CEM1 nos dias GPS 38, 41 e 42 para os diferentes processamentos (tabela 20).

Na tabela 34, observa-se os valores obtidos para as diferenças entre as altitudes padrão e as obtidas com os processamentos. Percebe-se que estes valores estão variando de 1 mm a 31 cm.

TABELA 34 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA - PONTO CEM1

PROCESSAM.	DIFERENÇA (m) DIA 38	DIFERENÇA (m) DIA 41	DIFERENÇA (m) DIA 42
A	0,0410	0,3070	0,1200
B	0,0410	0,3070	0,1200
C	0,0100	0,2870	0,1140
D	0,0120	0,3070	0,1200
E	0,0910	0,2300	0,1960

GRÁFICO 04 - DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA PARA O PONTO CEM1 (DIAS GPS 38, 41 E 42)



Analisando o gráfico 04, é possível perceber que o dia 41 teve suas altitudes geométricas acrescidas de um erro de aproximadamente 25 cm. Diversos fatores podem ter contribuído para esta diferença, dentre eles pode-se citar: o horário do levantamento, a influência ionosférica e a influência troposférica.

Na tabela 13, seção 6.3, verifica-se que para o dia 41 os dados foram coletados no início da noite (17 h e 06 min às 22 h e 15 min), ou seja, em um período que a iluminação solar é bem menor (seção 4). Enquanto que os dia 41 e 42 tiveram seus levantamentos iniciados próximos às 12 h, horário indicado como início da máxima densidade de elétrons.

Este assunto deverá ser investigado com maiores detalhes na seção (7.4) que trata da influência da atividade ionosférica nos dados coletados.

7.2.3 Linhas de Bases Longas – Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) – Implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal

Para a implantação de uma RREFCM - Rede de Referência Cadastral Municipal, se faz necessária a existência de marcos com coordenadas conhecidas e ligados a vértices do SGB (descrito na seção 5.2.1). Visando atingir este objetivo, foram utilizados 3 pontos, todos ligados ao ponto PARA em Curitiba,. A determinação das coordenadas precisas desses marcos de apoio imediato, está descrita na seção na seção 6.3 e tabela 15.

Ao contrário dos Grupos 1 e 4, este grupo de dados pode ser considerado apto ao estabelecimento de uma RREFCM, porque não apresenta diferença de altitude superior a 150 m, entre a área de trabalho e o marco pertencente ao SGB, bem como a linha de base formada entre este vértice e a área de trabalho é de 55,8 km. Portanto, as condições exigidas para a implantação da RREFCM pela norma NBR 14.166 descritas na seção 5.2.3 deste trabalho são satisfeitas.

Desta forma, para este grupo de dados serão efetuadas análises referentes às situações limites do STL – Sistema Topográfico Local que foi implantado na região de estudo, já que a RREFCM exige que as coordenadas dos marcos e pontos referentes a ela sejam expressos em um sistema de coordenadas locais.

Para esta pesquisa, foram selecionados os pontos identificados como RN2044, o PT07 e o PT10, sendo a distância existente entre eles, de aproximadamente 4 km. Apesar da distribuição espacial dos pontos não ser a melhor, somente esses dados estavam disponíveis para análise.

As primeiras análises, serão efetuadas em relação a determinação das coordenadas geodésicas dos pontos de apoio na área de trabalho, bem como com relação aos erros bidimensionais (E.B) e diferença na altitude geométrica.

Em seção futura (seção 7.5) as coordenadas geodésicas serão transformadas em coordenadas do Sistema Topográfico Local, e suas análises serão apresentadas.

A tabela 35, mostra a relação de coordenadas geodésicas obtidas pelos 5 processamentos realizados para a RN2044.

TABELA 35 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO RN2044

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM. (m)	LB (km)
A	230	-24° 57' 31,58427"	-49° 05' 49,11128"	962,733	55,899166
B	230	-24° 57' 31,58433"	-49° 05' 49,11091"	961,724	55,899167
C	230	-24° 57' 31,58440"	-49° 05' 49,11096"	961,708	55,899164
D	230	-24° 57' 31,58441"	-49° 05' 49,11110"	961,717	55,899163
E	230	-24° 57' 31,58441"	-49° 05' 49,11145"	961,790	55,899161

Na tabela 36 pode-se observar os valores obtidos para RMS, Ratio e número de satélites para os diversos processamentos. Baseado nesses valores, conclui-se que o processamento C (WLSS/Prism) forneceu os melhores resultados.

TABELA 36 – PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO PONTO RN2044

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	230	77,11	0,0245	13
B	230	FLOAT	0,0474	13
C	230	100	0,0213	6
D	230	FLOAT	0,0207	6
E	230	95	0,0856	13

As tabelas 37 e 38, mostram os valores calculados para as coordenadas geodésicas do ponto PT07. Analisando estas tabelas em conjunto, verifica-se que o processamento C é quem apresenta o menor valor de RMS e maior confiabilidade da solução.

TABELA 37 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT07

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT.GEOM. (m)	LB (km)
A	230	-24° 55' 22,26258"	-49° 06' 47,46496"	898,938	59,420990
B	230	-24° 55' 22,26260"	-49° 06' 47,45584"	897,812	59,420980
C	230	-24° 55' 22,26224"	-49° 06' 47,46487"	897,756	59,420997
D	230	-24° 55' 22,26251"	-49° 06' 47,46551"	897,770	59,420985
E	230	-24° 55' 22,26218"	-49° 06' 47,46487"	897,849	59,420998

TABELA 38 – PROCESSAMENTO PONTO PT07

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	230	100	0,0138	08
B	230	FLOAT	0,0115	08
C	230	100	0,0095	05
D	230	FLOAT	0,0103	05
E	230	95	0,2040	08

Na tabela 38 percebe-se que o valor do RMS para o processamento E é da ordem de 20 cm, sendo que para os demais processamentos ele é inferior a 1,3 cm.

As tabelas 39 e 40 apresentam os valores obtidos para as coordenadas geodésicas calculadas do ponto PT10 e seus respectivos valores de RMS, /Ratio e número de satélites.

TABELA 39 – COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT10

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT.GEOM. (m)	LB (km)
A	230	-24° 55' 36,67445"	-49° 06' 02,14564"	1074,544	59,255916
B	230	-24° 55' 36,67439"	-49° 06' 02,14551"	1073,410	59,255911
C	230	-24° 55' 36,67406"	-49° 06' 02,14558"	1073,405	59,255920
D	230	-24° 55' 36,67431"	-49° 06' 02,14559"	1073,423	59,255913
E	230	-24° 55' 36,67395"	-49° 06' 02,14559"	1073,443	59,255924

TABELA 40 – PROCESSAMENTO PONTO PT10

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	230	99,99	0,0226	10
B	230	FLOAT	0,0166	10
C	230	97,57	0,0132	07
D	230	FLOAT	0,0161	07
E	230	95	0,2040	10

Com os valores apresentados e considerações feitas em relação ao RMS e Ratio, a solução indicada como melhor é a obtida com o processamento C (WLSS/Prism).

A tabela 40 finaliza a primeira etapa de análises do grupo 2 de dados. Percebeu-se que para todas as linhas de base acima de 20 km, o processamento C (WLSS/Prism) se mostrou eficiente, apresentando os menores valores de erro médio quadrático (RMS) e Ratio superior a 95%.

7.2.3.1 Análise do Erro Bidimensional Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) - Linhas de Base Longas

Nesta seção serão analisados numericamente e graficamente os valores obtidos para o erro bidimensional (EB) das coordenadas planimétricas apresentadas.

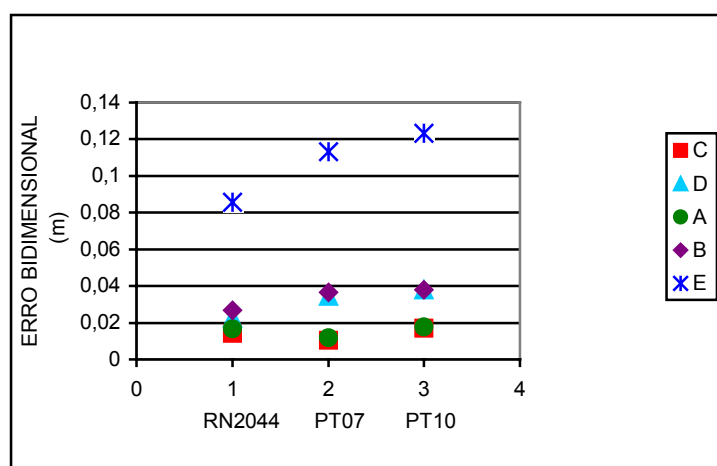
A tabela 41 apresenta os valores obtidos para os pontos RN2044, PT07 e PT10. Todos eles foram rastreados no dia GPS 230.

Verifica-se que o EB encontra-se entre 1 cm e 13 cm.

TABELA 41 – ERRO BIDIMENSIONAL (EB) - TUNAS DO PARANÁ DIA GPS 230

PROCESSAM.	RN2044 DIA 230 (m)	PT07 DIA 230 (m)	PT10 DIA 230 (m)
A	0,0166	0,0120	0,0179
B	0,0269	0,0367	0,0380
C	0,0144	0,0106	0,0170
D	0,0228	0,0344	0,0380
E	0,0856	0,1132	0,1232

GRÁFICO 05 – ERRO BIDIMENSIONAL DO GRUPO 2– TUNAS DO PARANÁ 1999 DIA GPS 230



No gráfico 05 percebe-se que o EB para o processamento E encontra-se deslocado dos demais de até 7 a 10 cm. Constata-se também que estes erros para os processamentos A e C são aproximadamente iguais.

Os EB também apresentam valores para o processamento B superiores aos obtidos pelos processamentos A e C.

Conforme diz a NBR 14.166, para distâncias superiores a 50 km ($LB > 50$ km) o uso do processamento livre de ionosfera (LC) é recomendado. Contudo verificou-se com estas análises que a utilização do processamento LC deve ser aliado a uma análise dos dados brutos, conforme poderá ser observado na seção 7.4, em face de

que ele conduz a soluções de DDF flutuantes e resíduos superiores aos obtidos pelo processamento C.

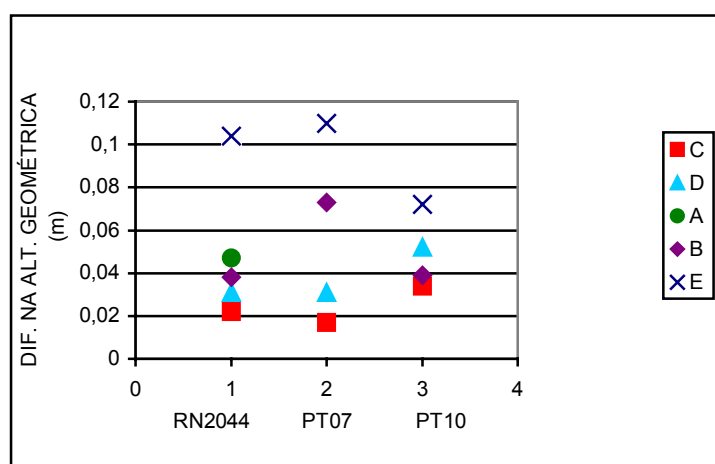
7.2.3.2 Análise da Diferença na Altitude Geométrica – Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999) - Linhas de Base Longas

A tabela seguinte (tabela 42) mostra os valores obtidos para a diferença na altitude geométrica e estas diferenças podem ainda ser observadas no gráfico 06 para cada um dos pontos em cada um dos processamentos.

TABELA 42 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA – GRUPO 2 TUNAS DO PARANÁ DIA GPS 230

PROCESSAM.	BASE DIA 230 (m)	PT07 DIA 230 (m)	PT10 DIA 230 (m)
A	0,0470	1,1990	1,1730
B	0,0380	0,0730	0,0390
C	0,0220	0,0170	0,0340
D	0,0310	0,0310	0,0520
E	0,1040	0,1100	0,0720

GRÁFICO 06 - DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA PARA OS MARCOS RN2044, PT07 E PT10 (DIA GPS 230)



Para representação do gráfico 06, os valores para diferenças na altitude geométrica dos pontos 07 e 10 para o processamento A, foram omitidos devido a sua magnitude, esses valores ultrapassaram a 1 m.

Como nos demais grupos as soluções obtidas com o programa Ashtech Solutions, sempre apresentam resíduos e erros mais elevados que os demais. Para os pontos RN2044 e PT07 foram superiores a 10 cm.

De forma contrária ao comportamento do erro bidimensional (planimétrico), o erro vertical obteve uma melhoria no processamento C. Porém como demonstrado anteriormente, a retirada dos satélites não provoca melhorias no processamento com LC (processamento D).

Os menores erros na altitude geométrica foram obtidos pelo processamento C, não ultrapassando a 4 cm. Conforme se pode observar na tabela 11, seção 6.3, os pontos PT07 e PT10 foram posicionados no período da noite, o que pode ter contribuído para pequenos resíduos verticais. Cabe ressaltar que a literatura indica que se houver atividade ionosférica a maior prejudicada é a coordenada vertical, acrescentando erros da ordem do decímetro.

7.2.4 Linhas de Bases Longas - Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999) – Implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal

Conforme percebe-se na tabela 19 este grupo de dados 3 é indicado inicialmente para a implantação dos pontos de apoio imediato na área de estudo.

Para esta região foi adotado como base dois vértices (BSPG e BSSM) pertencentes à Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná desenvolvida pela SEMA – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos . A localização dos vértices está descrita no capítulo 6 deste trabalho.

Para este grupo de dados as linhas de base formadas foram de 39,1 km com a base Ponta Grossa (BSPG) e 22 km com a base São Mateus do Sul (BSSM), estando assim dentro das exigências da NBR 14.166. Também atendendo a norma, não há diferença de altitude superior a 150 m. Desta forma este grupo se adapta as recomendações da referida norma para desenvolvimento de uma RREFCM na área de estudo.

Os pontos 01 e 02 utilizaram como estação base o marco existente no município de Ponta Grossa (BSPG), o levantamento foi realizado no dia GPS 160. Os pontos 03 e 04 tiveram como estação base o ponto localizado no município de São Mateus do Sul (BSSM), no dia GPS 162.

São apresentados nas tabelas 43 e 44, as coordenadas geodésicas calculadas para o ponto PT01 e os valores de RMS e da confiabilidade da solução (Ratio), respectivamente.

TABELA 43 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT01 (ESTAÇÃO BASE BSPG)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM (m)	LB (km)
A	160	-25° 26' 03,90396"	-49° 59' 40,43439"	881,885	39,178697
B	160	-25° 26' 03,90395"	-49° 59' 40,43438"	881,884	39,178697
C	160	-25° 26' 03,90405"	-49° 59' 40,43424"	881,889	39,178706
D	160	-25° 26' 03,90394"	-49° 59' 40,43409"	881,799	39,178699

TABELA 44 – PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO PONTO PT01

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	160	FLOAT	0,0182	11
B	160	FLOAT	0,0181	11
C	160	100	0,0175	07
D	160	FLOAT	0,0184	07

Através dos resultados apresentados nas tabelas 43 e 44 observa-se que o processamento C, propiciou os melhores resultados. Observa-se que nesta solução o Ratio foi de 100% e o valor de RMS foi menor dentre todos os apresentados.

Verifica-se que a linha de base formada é de 39,1 km, portanto, seria esperado que o processamento A (WL/Prism) fosse suficiente para produzir uma solução fixa ressaltando-se a presença de 11 satélites. Contudo houve a necessidade de se retirar alguns satélites para que a melhor solução com a WL fosse gerada. Na tabela 44, verifica-se 7 satélites no processamento.

No anexo 03 verifica-se para os pontos BSPG e PT 01 que não houve indicativo pelo programa TEQC de ação ionosférica, porém, salienta-se que o levantamento do ponto PT01 teve seu início por volta das 12 h e foi até próximo das 16 h (tabela 12, seção 6.3), coincidindo com o horário maior densidade de elétrons, o qual proporciona uma perturbação no sinal da portadora. Também observa-se no anexo 3, que o número de satélites presentes durante todo o levantamento foi de apenas 3 (16, 19 e 18), todos os demais satélites (sat. 14, 4, 27, 22, 13, 1, 10 e 11) permaneceram menos que 2 horas e 30 min, sendo que o período total do levantamento foi de 4 horas. Maiores detalhes serão apresentados na seção 7.4.

Na tabela 45 apresentam-se as soluções calculados para os diversos processamentos realizados para o ponto PT02. Os valores de Ratio, RMS e número de satélites para cada um deles podem ser observados na tabela 46.

TABELA 45 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT02 (BASE BSPG)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM (m)	LB (km)
A	160	-25° 26' 06,37937"	-49° 59' 41,84386"	881,867	39,240559
B	160	-25° 26' 06,37937"	-49° 59' 41,84386"	881,867	39,240559
C	160	-25° 26' 06,37935"	-49° 59' 41,84381"	881,899	39,240553
D	160	-25° 26' 06,37935"	-49° 59' 41,84387"	882,019	39,240559

TABELA 46– PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO PONTO PT02

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	160	FLOAT	0,0219	11
B	160	FLOAT	0,0219	11
C	160	95,47	0,0211	06
D	160	FLOAT	0,0230	06

Da mesma forma que o ponto PT01, o ponto PT02 obteve como melhor solução o processamento C (WLSS/Prism).

Verificou-se no anexo 03 para o ponto PT02 que apenas 4 satélites (sat. 7, 2, 13 e 27) permanecem durante quase todo o horário do levantamento (tabela 12, seção 6.3) , sendo que há uma constelação de 11 satélites. Percebe-se que ocorreram várias trocas de satélites durante o levantamento. Este pode ter sido um dos fatores que contribui para que houvesse apenas uma solução de DDF (Dupla Diferença de Fase) fixa apresentando um Ratio de apenas 95,47%.

O mesmo procedimento foi seguido para o ponto PT03, contudo, salienta-se que a estação base empregada foi a BSSM (tabela 19).

Na tabela 47 apresentam-se as soluções obtidas com os diversos processamentos (tabela 20) e na tabela 48 verifica-se os valores de Ratio, RMS e número de sstélites presentes durante o processamento.

TABELA 47 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT03 (BASE SÃO MATEUS DO SUL)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT.GEOM.. (m)	LB (km)
A	162	-24° 54' 52,82011"	-50° 00' 23,54324"	1349,637	22,364304
B	162	-25° 40' 46,13777"	-50° 17' 53,58826"	794,677	22,349449
C	162	-25° 40' 46,13782"	-50° 17' 53,58810"	794,777	22,349476
D	162	-25° 40' 46,13775"	-50° 17' 53,58803"	794,694	22,349453

TABELA 48 – PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO PONTO PT03

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	162	50,03	3,1713	08
B	162	FLOAT	0,0244	08
C	162	100	0,0136	06
D	162	FLOAT	0,0230	06

Avaliando-se as tabelas 47 e 48, verifica-se que a melhor solução para este ponto, foi para o processamento C. Ele possibilitou uma solução de DDF fixa com um Ratio de 100%, apresentou um RMS de 1,36 cm e contou com 6 satélites.

Na tabela 48 constata-se que a solução com o processamento A (WL/Prism) possibilitou um Ratio de apenas 50,03%, valor este inferior ao preconizado ($> 95\%$) o que conduz a uma DDF flutuante. Percebe-se que o RMS para este processamento foi de 3,17 m, mesmo contando com 8 satélites.

Ressalta-se que esta linha de base é de aproximadamente 22 km e que levantamento ocorreu após as 16 h, horário este fora do crítico da densidade de elétrons.

No anexo 3 percebe-se que para o ponto PT03, há o satélite 19 com influência ionosférica. A estação base durante o período deste levantamento (tabela 12) apresenta o satélite 31 com influência ionosférica e multicaminho para as portadoras L_1 e L_2 . Desta forma com a eliminação destes satélites (19 e 31) o processamento C (WLSS/Prism) obteve melhor qualidade.

Maiores considerações sobre a atividade ionosférica e o efeito do multicaminho serão feitas na seção 7.4.

Os valores de coordenada padrão para o ponto PT04 encontram-se na seção 6.3 tabela 12 e a sua base localiza-se em São Mateus do Sul. A linha de base formada entre este ponto e a base (BSSM) é de 22,2 km (tabela 19).

As coordenadas geodésicas obtidas com os diversos processamentos (tabela 20) estão indicados na tabela 49. Na tabela 50 observa-se os valores obtidos para os parâmetros de Ratio, RMS e números de satélites para estes processamentos.

TABELA 49 – COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DO PONTO PT04 (BASE BSSM)

PROCESSAM.	DIA GPS	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM (m)	LB (km)
A	162	-25° 40' 47,76165"	-50° 17' 59,96776"	793,442	22,225964
B	162	-25° 40' 47,76166"	-50° 17' 59,96778"	793,442	22,225964
C	162	-25° 40' 47,76148"	-50° 17' 59,96772"	793,558	22,225980
D	162	-25° 40' 47,76172"	-50° 17' 59,96753"	796,155	22,225970

TABELA 50 – PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO PONTO PT04

PROCESSAM.	DIA GPS	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
A	162	FLOAT	0,0229	10
B	162	FLOAT	0,0229	10
C	162	100	0,0210	07
D	162	FLOAT	0,0196	07

Constata-se que a melhor solução foi obtida para o processamento C, conforme ocorreu para os demais pontos deste grupo de dados. A solução obtida para o processamento A, também forneceu uma DDF flutuante, contudo, ao se retirar 3 satélites do processamento obteve-se uma DDF fixa com um Ratio de 100% e um RMS igual a 2,1 cm.

7.2.4.1 Análise do Erro Bidimensional Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999) - Linhas de Base Longas

O erro bidimensional representa o erro planimétrico existente nas coordenadas geodésicas calculadas. O formulário para cálculo está apresentado na seção 7.2.

A tabela 51 apresenta os valores obtidos para os pontos PT01, PT02, PT03 e PT04, esses pontos foram rastreados nos dias GPS 160 e 162 (tabela 19).

TABELA 51 – ERRO BIDIMENSIONAL (E.B) - PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL DIAS GPS 160 E 162

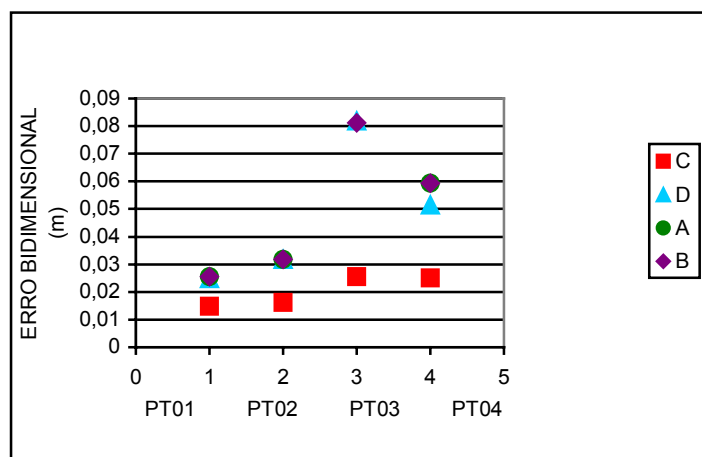
PROCESSAM.	PT01 (m)	PT02 (m)	PT03 (m)	PT04 (m)
A	0,0254	0,0317	22,2424	0,0594
B	0,0254	0,0317	0,0811	0,0594
C	0,0148	0,0163	0,0256	0,0250
D	0,0248	0,0317	0,0819	0,0516

No gráfico 07, observa-se os valores contidos na tabela 50.

Verifica-se que o E.B. para o processamento C variou de 1,5 à 2,56 cm para os 4 pontos analisados. Para o PT03 não se representa este erro para o processamento A (WL/Prism) face da sua ordem de grandeza, a qual foi igual a 22,24 m.

Este processamento não possibilitou a resolução das ambigüidades (tabela 48). No gráfico 07 percebe-se que para o processamento D o erro bidimensional encontra-se entre 2,5 e 8,2 cm.

GRÁFICO 07 – ERRO BIDIMENSIONAL DO TERCEIRO GRUPO – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL 1999 DIAS GPS 160 E 162



Os pontos PT01 e PT02, cuja estação base é BSPG com uma linha de base de aproximadamente 39 km, apresentaram um erro bidimensional (E.B.) inferior a 2 cm. Contudo os pontos PT03 e PT04, cuja estação base é BSSM com uma linha de base de aproximadamente 22 km, apresentaram um EB superior a 2 cm. Tal fato pode ser decorrente do tempo de ocupação dos pontos (tabela 12, seção 6.3), da constelação presente no levantamento e de que a base BSSM apresenta perturbações devido a ionosfera e ao efeito de multicaminho.

7.2.4.2 Análise da Diferença na Altitude Geométrica - Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999) - Linhas de Base Longas

A tabela 52 apresenta os valores da diferença entre a altitude padrão e as altitudes calculadas nesta pesquisa para este grupo de dados.

Observa-se que estas diferenças para o processamento C (WLSS/Prism) encontram-se entre 3 mm e 10 cm para os pontos analisados.

Constata-se que para o processamento A o ponto PT03 apresentou um EB de 554,857 m e que para o processamento D o ponto PT04 teve um E.B, igual a 2,61 m.

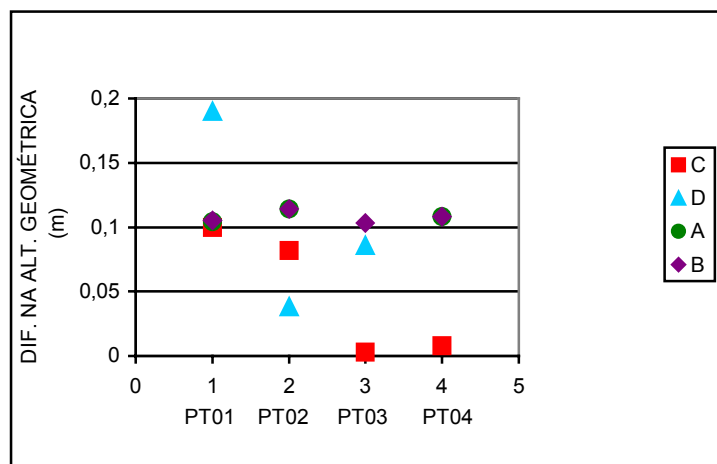
TABELA 52 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA - PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL DIAS GPS 160 E 162

PROCESSAM.	PT01 (m)	PT02 (m)	PT03 (m)	PT04 (m)
A	0,1040	0,1140	554,857	0,1080
B	0,1050	0,1140	0,1030	0,1080
C	0,1000	0,0820	0,0030	0,0080
D	0,1900	0,0380	0,0860	2,6050

Os valores apresentados na tabela 52 são demonstrados no gráfico 08.

Os valores correspondentes ao processamento A para o ponto PT03 e o processamento D para o ponto PT04, não foram representados no gráfico devido a sua ordem de grandeza (superiores a 2,6 m).

GRÁFICO 08- DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA PADRÃO E A CALCULADA
PONTO PT01, PT02, PT03 E PT04 – DIAS GPS 160 E 162



Com exceção do ponto PT02, que obteve seu menor erro com o processamento D, os demais pontos obtiveram no processamento C os menores resíduos.

De forma contrária ao erro planimétrico, os pontos com menor linha de base (pontos PT03 e PT04) obtiveram os menores erros verticais. Mesmo com os problemas apresentados para a base citada na seção 7.2.4.1 correspondente a esses dois pontos, a diferença na altitude geométrica existente foi inferior a 1 cm. Já os marcos PT01 e PT02 tiveram diferenças entre 8 e 19 cm.

7.3 PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE CURTAS (DENSIFICAÇÃO DOS MARCOS DE APOIO IMEDIATO NA ÁREA DE ESTUDO) E RESULTADOS ALCANÇADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos na determinação das coordenadas dos marcos de apoio imediato, partindo-se de pontos existentes dentro da área de trabalho. Foram empregados os processamentos com as várias estratégias para linhas de bases curtas (até 20 km). Os resultados para as coordenadas geodésicas

foram obtidos com os programas Prism e Ashtech Solutions, porém, este último em muitas situações não forneceu respostas.

7.3.1 Bases Curtas na Região do Litoral do Paraná – Grupos 1 e 4

A tabela 14 seção 7.6, apresenta os valores das coordenadas padrão dos pontos de apoio localizados no litoral paranaense. Os pontos denominados TENG e TREV estão distanciados de aproximadamente 22 km e tiveram como estação base o ponto CEM1. Estes levantamentos se deram nos anos de 1998 e 2000 (ver tabela 19).

A tabela 53 apresenta as coordenadas geodésicas calculadas para os pontos TREV e TENG, durante os dias GPS nos dois anos de observação, bem como o comprimento da linha de base para os processamentos realizados (tabela 20).

Na tabela 54 apresenta-se os valores do Ratio, RMS, número de satélites para cada um dos processamentos realizados para os pontos TENG e TREV.

TABELA 53 - COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) CALCULADAS DOS PONTOS TREV E TENG (DIAS GPS 37 E 42 ANO 1998 E DIAS GPS 38, 41 E 42 ANO 2000)

PROCESSAM.	DIA GPS / /ANO	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. GEOM (m)	LB (km)
F	37/1998	-25° 41' 50,39450"	-48° 28' 33,26840"	4,8120	18,6915390
F	42/1998	-25° 32' 53,16398"	-48° 23' 03,43310"	2,0070	4,4135940
F	38/2000	-25° 32' 53,16349"	-48° 23' 03,43284"	2,0280	4,413608
E	38/2000	-25° 32' 53,16363"	-48° 23' 03,43259"	1,9930	4,413599
F	41/2000	-25° 32' 53,16387"	-48° 23' 03,43254"	1,9470	4,413594
E	41/2000	-25° 32' 53,16405"	-48° 23' 03,43218"	1,9340	4,413582
F	42/2000	-25° 32' 53,16377"	-48° 23' 03,43272"	1,9790	4,413600
E	42/2000	-25° 32' 53,16381"	-48° 23' 03,43259"	1,9800	4,413596

TABELA 54 – PARÂMETROS OBTIDOS PELO PROCESSAMENTO DOS PONTOS TREV E TENG (DIAS GPS 37 E 42 DO ANO 1998 E DIAS GPS 38,41 E 42 DO ANO 2000)

PROCESSAM.	DIAGPS/ ANO	RATIO (%)	RMS (m)	Nº SATÉLITES
F	37/1998	100	0,0258	9
F	42/1998	100	0,0084	11
F	38/2000	100	0,0221	13
E	38/2000	95	0,0180	13
F	41/2000	100	0,0143	12
E	41/2000	95	0,009	12
F	42/2000	100	0,005	12
E	42/2000	95	0,005	12

Verificando os valores apresentados nas tabelas acima, observa-se que para as linhas de base curta, o processamento F (L_1 /Prism) apresentou Ratio de 100% e um RMS variando de 5 mm a 2,6 cm. Com o processamento E o RMS encontra-se entre 5 mm e 1,8 cm. A partir da tabela 53 constata-se que as linhas de base formadas entre a estação base CEM1 e os pontos TREV e TENG são de 18,69 km e 4,41 km, respectivamente.

O processamento E não possibilitou resultados para o ano de 1998, possivelmente em face da atividade ionosférica no marco CEM1.

7.3.1.1 Análise do Erro Bidimensional nos Pontos TREV e TENG (anos de 1998 e 2000)

A tabela 55, mostra os valores calculados do erro bidimensional para os pontos TREV e TENG para os anos de 1998 e 2000.

TABELA 55 – ERRO BIDIMENSIONAL (EB) - PONTOS TREV E TENG DIAS GPS 37 E 42 DO ANO 1998 E 37, 41 E 42 DO ANO 2000

PROCESSAM.	TREV 37/1998 (m)	TENG 42/1998 (m)	TENG 38/2000 (m)	TENG 41/2000 (m)	TENG 42/2000 (m)
F	0,0478	0,0085	0,0170	0,0078	0,0050
E	--	--	0,0114	0,0064	0,0085

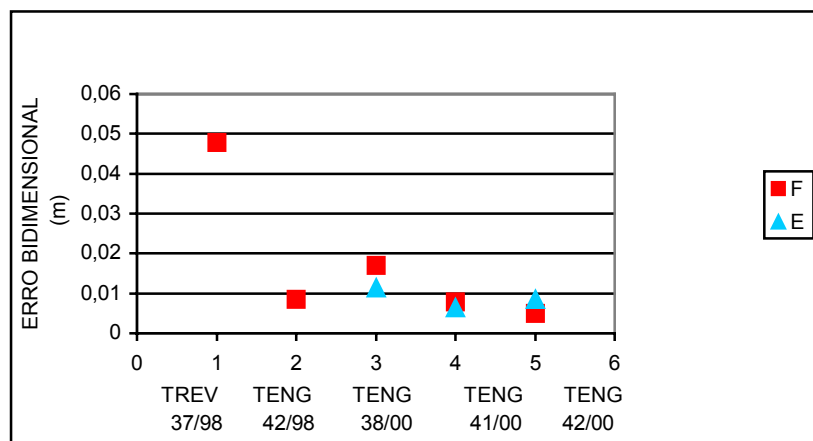
Verifica-se na tabela 55 que o erro com o processamento F para o ponto TREV é de 4,78 cm e para o ponto TENG está entre 5 mm e 1,7 cm.

O erro bidimensional calculado para o ponto TENG com o processamento E encontra-se entre 6,4 mm e 1,14 cm.

Cabe ressaltar que a linha de base para o ponto TREV é de 18,69 km e que o ponto TENG é de 4,41 km. Verifica-se um erro bidimensional maior para a maior linha de base.

O gráfico 09 ilustra os valores apresentados na tabela 55.

GRÁFICO 09 – ERRO BIDIMENSIONAL (EB) - PONTOS TREV E TENG
(DIAS GPS 37 E 42 DO ANO E 37, 41 E 42 DO ANO 2000)



Graficamente a disposição dos pontos mostraram claramente que para o ponto TREV (18,6 km) houve uma dispersão planimétrica maior. Enquanto que para o marco TENG o comportamento mostrou-se muito semelhante em todas as épocas com resíduos muito pequenos, inferiores a 2 cm.

Em seção oportuna (seção 7.4) será investigado o comportamento do ponto TREV e da base CEM1 em relação a uma possível influência da ionosfera no resultado final.

7.3.1.2 ANÁLISE DA DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA NOS PONTOS TREV E TENG (ANOS 1998 E 2000)

Na tabela 56, são apresentados os valores para a diferença na altitude geométrica obtida para os pontos TREV e TENG.

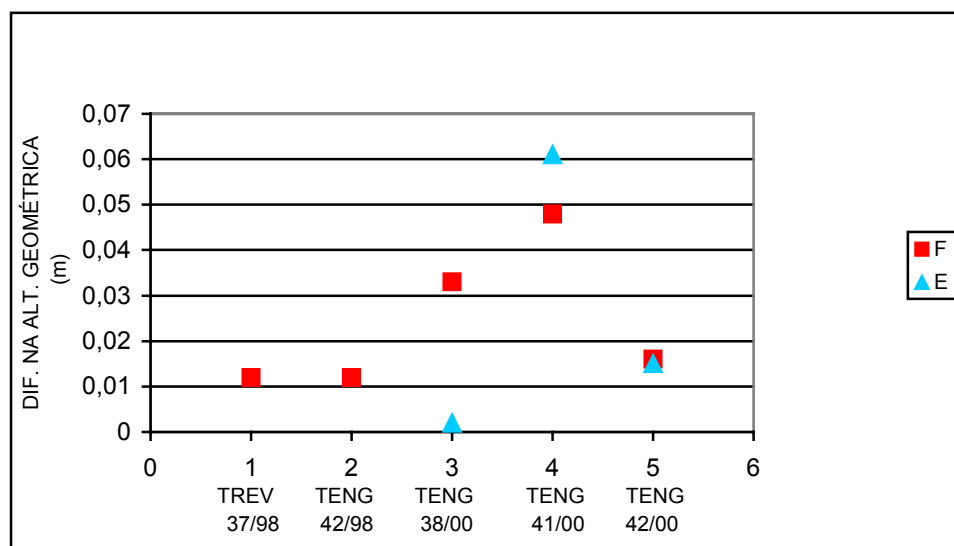
TABELA 56 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA - PONTOS TREV E TENG DIAS GPS GPS 37 E 42 DO ANO 1998 E 37, 41 E 42 DO ANO 2000

PROCESSAM.	TREV 37/1998 (m)	TENG 42/1998 (m)	TENG 38/2000 (m)	TENG 41/2000 (m)	TENG 42/2000 (m)
F	0,0120	0,0120	0,0330	0,0480	0,0160
E	--	--	0,0020	0,0610	0,0150

Percebe-se que a diferença altimétrica para o ponto TREV é de 1,2 cm com o processamento F. Para o ponto TENG com o processamento F encontra-se entre 1,2 cm e 4,8 cm e com o processamento E está entre 2 mm e 6,1 cm.

O gráfico 10, representa os valores contidos na tabela 56. Constata-se que para o ano de 1998 a diferença altimétrica para os dois pontos foram de mesma ordem, independente do comprimento da linha de base. Contudo o ponto TENG, com linha de base de 4,4 km, apresenta as maiores diferenças altimétricas para o ano de 2000. Tal constatação conduz a uma análise quanto a atividade ionosférica a qual será apresentada na seção 7.4.

GRÁFICO 10 – DIFERENÇA NA ALTITUDE GEOMÉTRICA - PONTOS TREV E TENG
(DIAS GPS 37 E 42 DO ANO E 37, 41 E 42 DO ANO 2000)



7.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE IONOSFÉRICA NOS PROCESSAMENTOS DOS GRUPOS DE DADOS

Nesta seção serão avaliados os erros provocados pela influência da ionosfera nos resultados obtidos com o processamento dos dados dos grupos visando a obtenção de coordenadas finais dos pontos. Para que este valor de influência possa ser quantificado mais claramente, as coordenadas dos pontos serão expressas no sistema de coordenada UTM. As análises sobre a ação da ionosfera também foram avaliadas pelo programa TEQC, cujas listagens encontram-se nos anexos deste trabalho.

Para a realização destas análises foram considerados apenas o melhor e o pior resultado obtido para cada coordenada calculada e a coordenada padrão.

7.4.1 Dados do Grupo 1 (Litoral 1998)

A tabela 57 apresenta os valores das coordenadas padrão e calculadas para o marco CEM1, no sistema UTM referido ao Datum SAD-69. A tabela 58 mostra as diferenças calculadas entre as coordenadas obtidas com os processamentos analisados

(melhor e pior solução) e as coordenadas padrão do ponto CEM1. Para o dia 37 a melhor solução foi para o processamento C (subseção 7.2.1) e a pior foi para o processamento A (subseção 7.2.1). No dia 41 observou-se a melhor solução para o processamento C (subseção 7.2.1) e o pior para o processamento D (subseção 7.2.1).

Os valores apresentados na tabela 57 estão representados no gráfico 11.

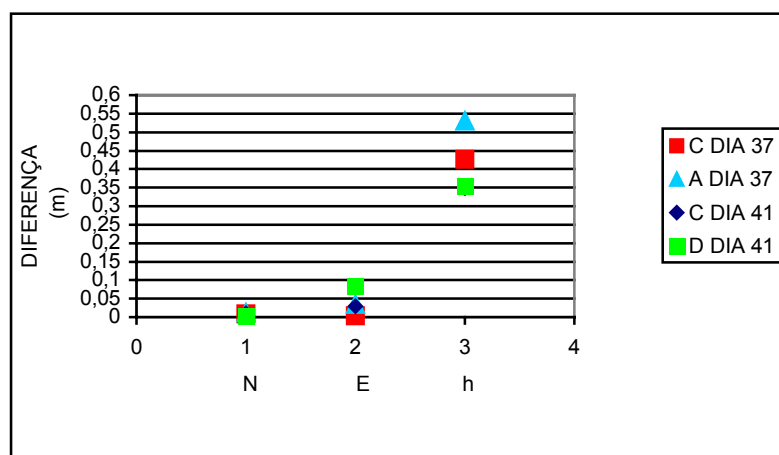
TABELA 57 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTO CEM1

CEM1	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO DIA 37	7.168.983,13390	766.262,58420	4,5155
PROC C DIA 37 (melhor)	7.168.983,12210	766.262,58820	4,9415
PROC A DIA 37 (pior)	7.168.983,12520	766.262,61840	5,0469
PROC A DIA 41 (melhor)	7.168.983,1503	766.262,6129	4,8645
PROC D DIA 41 (pior)	7.168.983,1382	766.262,6684	4,8705

TABELA 58 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS PONTO CEM1

CEM1	DIFERENÇA N (m)	DIFERENÇA E (m)	DIFERENÇA h (m)
C – PADRÃO DIA 37	0,0118	0,0040	0,4260
A – PADRÃO DIA 37	0,0870	0,0342	0,5314
C – PADRÃO DIA 41	0,0164	0,0287	0,3490
D – PADRÃO DIA 41	0,0143	0,0842	0,3550

GRÁFICO 11 – DIFERENÇAS ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E COORDENADAS CALCULADAS UTM (SAD-69) – MARCO CEM1



Verifica-se neste gráfico 11, que as diferenças obtidas para a coordenada N tiveram um comportamento homogêneo. A máxima diferença obtida para pior solução

foi da ordem de 8,7 cm. A diferença para a coordenada E teve um comportamento diferenciado, verifica-se uma diferença máxima de 8,4 cm na pior para o dia 41. Já para as diferenças na altitude geométrica houveram variações, com a diferença máxima chegando a 53 cm na pior solução do dia 37.

As diferenças obtidas podem ter ocorrido em função do horário do levantamento, para o dia 41 foi das 11 h e 20 min às 17 h e 14 min). Ressaltando-se que a linha de base formada é igual a 89,6 km (tabela 9, seção 6.3).

A literatura mostra que para posicionamento com GPS, a coordenada mais afetada por influências atmosféricas é a altitude. CAMARGO (1999, p.28) mostra que o principal fator para a variação diurna é a iluminação solar. Desta forma, fica demonstrada que a máxima densidade alcançada para a TEC (Conteúdo Total de Elétrons) está entre as 12:00 h e as 16:00 h e influi na solução das coordenadas.

De acordo com esta afirmação, verifica-se que o dia GPS 37 teve seu levantamento realizado justamente entre o horário de máxima densidade alcançada para o TEC, podendo assim ter prejudicado a acurácia de seus resultados.

No anexo 1 verifica-se os arquivos de saída gerados pelo programa TEQC, o qual possibilita uma análise da qualidade dos dados, para o grupo 1, no ano de 1998. Constata-se que a estação base PARA sofreu influência ionosférica, principalmente no dia GPS 37. O ponto CEM1 também apresentou influência ionosférica nos dias GPS 41 e 42 e no dia GPS 37 verificou-se que a técnica de segurança AS (*Anti-Spoofing*) estava desativada. No CEM1 e no PARA detectou-se a ação do efeito de multicaminho.

A tabela 59 apresenta os valores das coordenadas padrão e calculada para os pontos TREV (dia 37) e TENG (dia 42), no sistema UTM referido ao Datum SAD-69.

TABELA 59 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTOS TREV E TENG

PONTOS	N (m)	E (m)	h (m)
TREV/ PADRÃO	7.155.457,83840	753.349,65970	8,1151
TREV/ PROC F /DIA 37	7.155.457,83840	753.349,65970	8,1151
TENG/PADRÃO	7.171.815,17530	762.874,73540	5,5090
TENG / PROC F / DIA 42	7.171.815,17280	762.874,73530	5,5210

Observa-se que para o ponto TREV, a coordenada calculada foi exatamente igual à coordenada padrão. Os pontos TREV e TENG usaram como estação base o ponto CEM1, originando linhas de base curtas (tabela 19)

A tabela 60 apresenta as diferenças obtidas entre as coordenadas calculada e a coordenada padrão.

TABELA 60 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS PONTOS TREV E TENG

PONTO	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO TREV - PROC F - DIA 37	0,00000	0,00000	0,0000
PADRÃO TENG – PROC F – DIA 42	0,0025	0,0001	0,0120

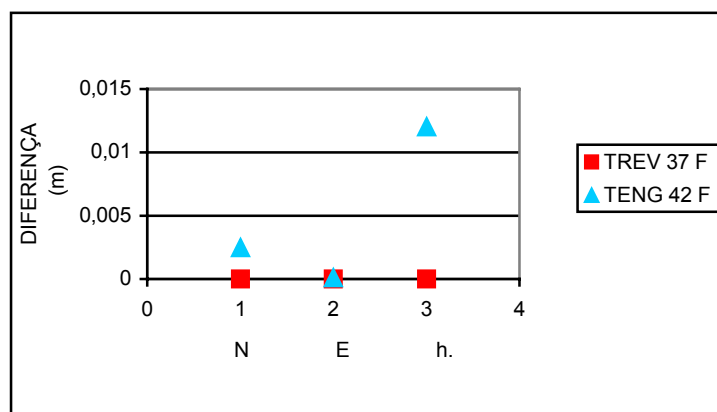
Analisando-se a tabela 60 percebe-se que não houve nenhuma diferença para o ponto TREV (dia 37).

No anexo 1 constata-se que há grande atividade ionosférica para o ponto TREV neste dia GPS, contudo a linha de base formada é de 18,6 km o que possibilita o processamento apenas com L_1 .

Para o marco TENG, apesar de existirem resíduos, cabe ressaltar que a maior diferença encontrada foi para a altitude geométrica, com valor igual a 1,2 cm. Neste caso a linha de base formada foi de 4,4 km. A listagem produzida pelo TEQC para este ponto (anexo 4), mostra que a estação base CEM1 no dia 42 sofreu uma considerada ação da ionosfera no sinal das portadoras, porém no marco TENG acusou pequena presença deste tipo de atividade. Um fator que pode justificar os resíduos existentes para este ponto, é a configuração dos satélites no horário do levantamento.

O gráfico 12 ilustra os valores apresentados na tabela 58.

GRÁFICO 12 – DIFERENÇAS ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E COORDENADAS CALCULADAS UTM (SAD-69) – PONTOS TREV E TENG



Com base nos valores apresentados pode-se afirmar que apesar de existir a ação da ionosfera nos pontos acima citados, devido a distância existente entre eles ser considerada curta, esta ação pouco interferiu no resultado final.

7.4.2 Dados do Grupo 2 (Tunas do Paraná 1999)

A análise deste segundo grupo de dados é iniciada pela apresentação da tabela 61, que mostra as coordenadas padrão e calculadas pelo processamento para os pontos (melhor e pior) RN2044, PT07 e PT10 no sistema UTM referido ao Datum SAD-69.

TABELA 61 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTOS RN2044, PT07 E PT10

MARCO	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO BASE	7.238.314,68440	692.169,73920	965,22950
PROC C (melhor)	7.238.314,67820	692.169,74270	965,25050
PROC E (pior)	7.238.314,67810	692.169,72900	965,33250
PADRÃO PT07	7.242.316,58990	690.588,21350	901,30330
PROC C (melhor)	7.242.316,57860	690.588,20380	901,32030
PROC D (pior)	7.242.316,56400	690.588,45710	901,37630
PADRÃO PT10	7.241.855,43900	691.853,58650	1076,94100
PROC C (melhor)	7.241.855,43650	691.853,56990	1076,97500
PROC A (pior)	7.241.855,42450	691.853,56810	1078,11400

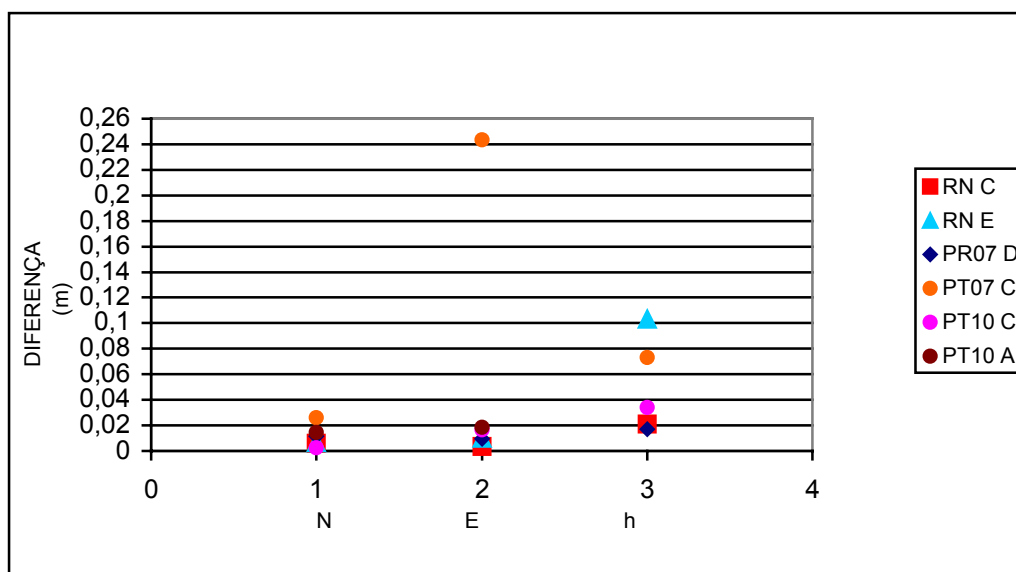
A tabela 62 mostra as diferenças obtidas entre as coordenadas padrão e as calculadas (apresentadas na tabela 61), em metros, para os pontos RN2044, PT07 e PT10. Ressalta-se que as linhas de base formadas entre a estação base PARA e os referidos pontos são de 55,9 km, 59,4 km e 59,2 km respectivamente.

TABELA 62 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTOS RN2044, PT07 E PT10

PONTOS	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO – PROC C RN2044 (melhor)	0,0062	0,0035	0,0210
PADRÃO – PROC E RN2044 (pior)	0,0063	0,0102	0,1030
PADRÃO – PROC C PT 07 (melhor)	0,0113	0,0097	0,0170
PADRÃO – PROC B PT07 (pior)	0,0259	0,2436	0,0730
PADRÃO – PROC C PT10 (melhor)	0,0025	0,0166	0,0340
PADRÃO – PROC A PT10 (pior)	0,0145	0,0184	1,1730

O gráfico 14 ilustra os valores obtidos na tabela 62.

GRÁFICO 13 – DIFERENÇAS ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E COORDENADAS
CALCULADAS UTM (SAD-69) – PONTOS RN2044, PT07 E PT10



Avaliando o gráfico 14, nota-se que para a coordenada N as diferenças não foram superiores a 2,6 cm. A coordenada E apresentou diferenças, inferiores 1,9 cm, com exceção do ponto PT07 com pior processamento que chegou a um valor de 24 cm. Para a altitude geométrica obteve-se diferenças diversas, variando de 1,7 cm a

1,17 m, este último valor foi omitido na representação do gráfico devido a sua ordem de grandeza.

Analisando as listagens fornecidas pelo programa TEQC a respeito dos pontos em estudo indicados no anexo 02, obteve-se as seguintes informações:

- A base PARA utilizada de forma comum por todos os pontos apresentou influência ionosférica, durante todo o período do levantamento;
- O PT07 e o PT10 não apresentaram atividade ionosférica; e
- A RN2044 apresentou atividade ionosférica, principalmente quando os satélites estavam próximos ao limite de elevação (15°), além de acusar a ocorrência do efeito de multicaminho em alguns satélites e atraso do relógio do receptor.

As diferenças planimétricas de forma geral apresentaram valores baixos, ficando dentro da precisão recomendada pela literatura. Os horários dos levantamentos podem ser verificados na seção 6.3 deste trabalho, constata-se que o ponto RN2044 teve seu rastreo iniciado no começo da tarde, propiciando a ação do efeito ionosférico na coordenada altimétrica, o que pode ter contribuído para gerar a diferença de 10 cm com o processamento E.

7.4.3 Dados do Grupo 3 (Ponta Grossa/São Mateus do Sul 1999)

Por indicação da literatura o ano de 1999 é considerado de alta atividade ionosférica. Dessa forma os dados coletados durante este ano foram cuidadosamente analisados com relação a influência da ionosfera.

A tabela 63 apresenta os valores das coordenadas padrão e calculadas para os pontos PT01, PT02, PT03 e PT04 no sistema UTM referido ao SAD-69.

TABELA 63 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTO PT01, PT02, PT03 E PT04

PONTO	N (m)	E (m)	h (m)
PT01 PADRÃO	7.186.611,48830	601.150,96860	884,39970
PT01 PROC C (melhor)	7.186.611,48710	601.150,97470	884,29970
PT01 PROC D (pior)	7.186.611,49040	601.150,97890	884,20970
PT02 PADRÃO	7.186.535,63840	601.111,03190	884,34080
PT02 PROC C (melhor)	7.186.535,63690	601.111,02630	884,30880
PT02 PROC B (pior)	7.186.535,63630	601.111,02490	884,27680
PT003 PADRÃO	7.159.667,85570	570.472,38710	796,72680
PT03 PROC B (melhor)	7.159.667,85720	570.472,39220	796,72380
PT03 PROC A (pior)	7.244.178,09220	600.371,33680	1352,52940
PT04 PADRÃO	7.159.618,85050	570.294,29860	795,49500
PT04 PROC C (melhor)	7.159.618,85240	570.294,29170	795,50300
PT04 PROC A (pior)	7.159.618,84500	570.294,29690	798,10000

A tabela 64 mostra as diferenças obtidas entre as coordenadas padrão e as calculadas indicadas na tabela 63, em metros, para os pontos PT01, PT02, PT03 e PT04. Ressalta-se que as linhas de base formadas entre os dois primeiros pontos e a base BSPG (SEMA) são de 39,1 km e 39,2 km, respectivamente. Para os dois últimos pontos e a base BSSM (SEMA) as linhas de base formadas são de 22,3 km e 22,2 km, respectivamente.

TABELA 64 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04

PONTO	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO - PROC C PT01 (melhor)	0,0012	0,0061	0,1000
PADRÃO - PROC D PT01 (pior)	0,0021	0,0103	0,1900
PADRÃO - PROC C PT02 (melhor)	0,0015	0,0056	0,0320
PADRÃO - PROC B PT02 (pior)	0,0021	0,0070	0,0640
PADRÃO - PROC C PT03 (melhor)	0,0015	0,0051	0,0030
PADRÃO - PROC A PT03 (pior)	84.510,2365	29.898,9497	555,8026
PADRÃO - PROC C PT04 (melhor)	0,0019	0,0069	0,0080
PADRÃO - PROC A PT04 (pior)	0,0055	0,0017	2,6050

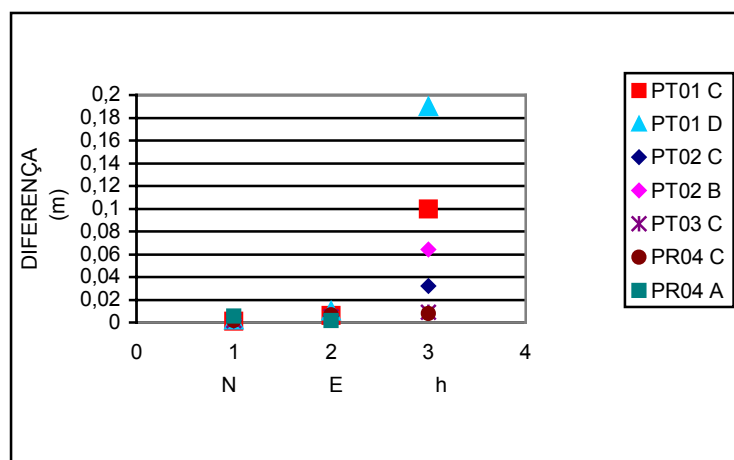
A tabela 64 mostra que as diferenças obtidas para o ponto PT03 com o processamento A (pior) são muito elevados, caracterizando possíveis erros grosseiros. Na tabela 47 (seção 7.2). Constatou-se que o RMS foi de 3,17 m e o Ratio de 50,03%.

Desconsiderando-se estas diferenças verifica-se que para a coordenada N a variação vai de 1,2 mm a 5,5 m; para a coordenada E as diferenças encontram-se entre

1,7 mm e 1 cm e para a altitude (h) as diferenças são mais significativas estando entre 3 mm e 2,6 m.

O gráfico 14 apresenta os valores obtidos na tabela 64. Para uma melhor representação gráfica, os valores obtidos para os pontos PT03 (E, N e h) e PT04 (h) foram omitidos.

GRÁFICO 14 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04



As diferenças obtidas para as coordenadas N apresentam-se inferiores a 5 mm e para as coordenadas E estas diferenças foram inferiores a 1 cm.

O comportamento da altitude geométrica não foi homogêneo. Analisando-se as diferenças obtidas com as melhores soluções de processamento verifica-se que elas se encontram entre 3 mm e 10 cm para os pontos analisados. As diferenças obtidas com as piores soluções de processamento foram de 6 cm a 555,8 m. Tais variações podem ser atribuídas as pequenas atividades ionosférica presentes em alguns satélites e a constelação presente durante os levantamentos.

7.4.4 Dados do Grupo 4 (Litoral 2000)

De acordo com CAMARGO (1999) o ano de 2000, é apontado como um ano de pico na atividade ionosférica. Com o intuito de analisar a influência desta atividade nos dados coletados serão feitas análises com relação a este assunto. Com o emprego do TEQC realizou-se algumas verificações na qualidade dos dados utilizados neste grupo. No anexo 04 apresenta-se os resultados gerados por este programa para os pontos em estudo.

A tabela 65 apresenta os valores das coordenadas padrão e calculada para o ponto CEM1, no sistema UTM referido ao SAD-69. As diferenças entre estas coordenadas estão indicadas na tabela 66.

TABELA 65 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTO CEM1

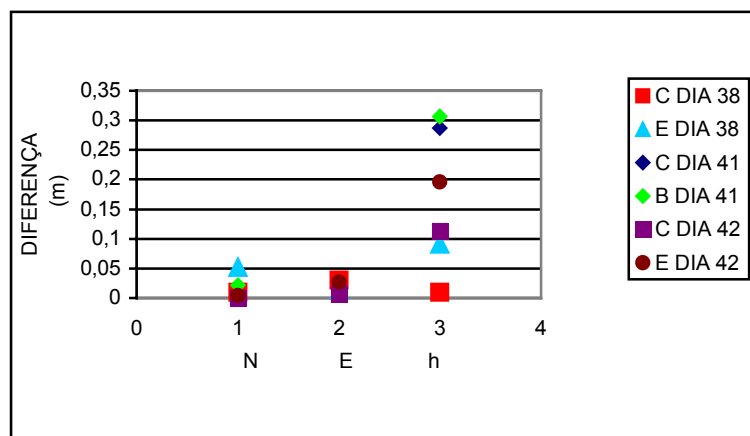
PONTO	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO	7.168.983,13390	766.262,58420	4,79950
PROC C DIA 38 (melhor)	7.168.983,12400	766.262,61450	4,80950
PROC E DIA 38 (pior)	7.168.983,08210	766.262,57150	4,89050
PROC C DIA 41 (melhor)	7.168.983,12880	766.262,57600	5,08650
PROC B DIA 41 (pior)	7.168.983,11200	766.262,56870	5,10650
PROC C DIA 42 (melhor)	7.168.983,13410	766.262,59190	4,91350
PROC E 42 (pior)	7.168.983,13800	766.262,55740	4,99550

TABELA 66 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTO CEM1

MARCO	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO – PROC C DIA 38 (melhor)	0,0099	0,0303	0,0100
PADRÃO – PROC E DIA 38 (pior)	0,0518	0,0127	0,0910
PADRÃO – PROC C DIA 41 (melhor)	0,0051	0,0082	0,2870
PADRÃO – PROC BDIA 41 (pior)	0,0219	0,0155	0,3070
PADRÃO – PROC C DIA 42 (melhor)	0,0002	0,0077	0,1140
PADRÃO – PROC E DIA 42 (pior)	0,0041	0,0268	0,19600

O gráfico 15 apresenta os valores obtidos na tabela 66.

GRÁFICO 15 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTO CEM1



Avaliando o gráfico 15, nota-se que as coordenadas E e N tiveram diferenças entre a coordenada padrão e a calculada, menor que 5 mm. Como a linha de base formada para este ponto e a base PARA é de 89,6 km, esses valores são considerados satisfatórios, apresentando uma precisão igual a aconselhada para bases de até 40 km (tabela 03, seção 3.5.1).

Analizando o anexo 04 percebe-se que a estação base PARA nos dias GPS 38, 41 e 42 apresentam influência ionosférica, efeito de multicaminho e atraso no relógio do receptor.

Para os dias GPS 41 e 42 constatou-se no ponto CEM1 a presença do efeito de multicaminho nas duas ondas portadoras L_1 e L_2 . Contudo do dia 38 não há esta ação sobre os dados GPS.

Tais efeitos podem ser os causadores das diferenças obtidas principalmente na coordenada altimétrica do ponto CEM1.

Cabe ressaltar que estes resultados obtiveram este nível de qualidade após a eliminação dos piores satélites para processamento dos dados, pois estes comprometiam a qualidade final da solução dos pontos em estudo.

A tabela 67 apresenta os valores das coordenadas padrão e calculada para o marco TENG, no sistema UTM referido ao Datum SAD-69.

TABELA 67 – COORDENADAS UTM (SAD-69) – PONTO TENG

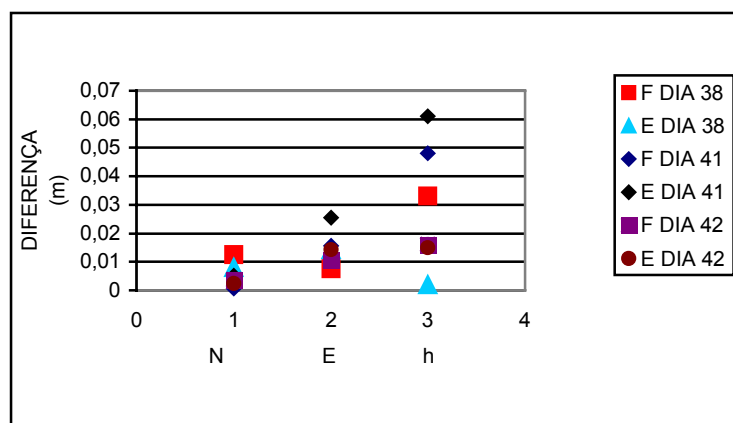
TENG	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO	7.171.815,17530	762.874,73540	5,50900
PROC F DIA 38 (pior)	7.171.815,18780	762.874,74290	5,54200
PROC E DIA 38 (melhor)	7.171.815,18330	762.874,74980	5,50700
PROC F DIA 41 (melhor)	7.171.815,17590	762.874,75100	5,46100
PROC E DIA 41 (pior)	7.171.815,17020	762.874,76100	5,44800
PROC F DIA 42 (pior)	7.171.815,17910	762.874,74610	5,49300
PROC E DIA 42 (melhor)	7.171.815,17780	762.874,74970	5,49400

A tabela 68 contém os valores para as diferenças entre as coordenadas padrão e as calculadas (N, E, h) para o marco TENG nos dias GPS 38, 41 e 42.

TABELA 68 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTO TENG

TENG	N (m)	E (m)	h (m)
PADRÃO – PROC F DIA 38	0,0125	0,0075	0,0330
PADRÃO – PROC E DIA 38	0,0080	0,0144	0,0020
PADRÃO – PROC F DIA 41	0,0006	0,0156	0,0480
PADRÃO – PROC E DIA 41	0,0051	0,0256	0,0610
PADRÃO – PROC F DIA 42	0,0038	0,0107	0,0100
PADRÃO – PROC E DIA 42	0,0025	0,0143	0,0150

O gráfico 16, ilustra os valores obtidos na tabela 68 para as diferenças em coordenadas N, E e h.

GRÁFICO 16 – DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS PADRÃO E AS CALCULADAS
PONTO TENG

De acordo com o gráfico 16 verifica-se que todas as diferenças obtidas para a coordenada N foram homogêneas e, ficaram abaixo de 1,2 cm. Para a coordenada E, as diferenças ficaram abaixo de 2,5 cm. E a altitude geométrica (h) teve uma amplitude de 2 mm a 6 cm.

No anexo 04 para o ponto TENG verifica-se que houve pouca ação ionosférica, efeito multicaminho para L_1 e L_2 e defasagem do relógio do receptor para os dias GPS 41 e 42.

7.5 TRANSFORMAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84) PARA COORDENADAS DO SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL

Nesta seção, as coordenadas geodésicas dos marcos de apoio imediato obtidas pelo posicionamento por GPS e referidas ao WGS-84, serão transformadas para o sistema de coordenadas geodésicas referidas ao Datum SAD-69 e posteriormente em coordenadas planimétricas do Sistema Topográfica Local - STL. Além das transformações citadas, essas coordenadas serão avaliadas de acordo com a NBR 14.166 no item 5.2.5 deste trabalho, que trata dos requisitos para levantamento dos pontos de apoio. Para isto, os resultados obtidos serão avaliados de acordo com os desvios-padrão de cada componente da linha de base medida (dX, dY e dZ), preceituados pela norma e os obtidos com os resultados dos levantamentos. A partir dos desvios-padrão normatizados e os calculados, é possível avaliar a qualidade dos levantamentos realizados e se estes estão dentro dos critérios da NBR 14.166.

Quanto a origem do STL, os grupos 1 e 4 terão como origem o ponto CEM1 localizado em Pontal do Sul (ver capítulo 6). Para o grupo 2, a origem adotada será o ponto PARA, localizado em Curitiba. E o grupo 3 terá como origem do sistema, o ponto BSPG da SEMA existente na região (ver capítulo 6).

A seqüência das análises serão feitas da seguinte forma: os grupos 1 e 4 serão analisados conjuntamente, por se tratarem da mesma região. Na seqüência será avaliado o grupo 2 e finalmente o grupo 3.

7.5.1 Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS-84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região do Litoral (Grupos 1 e 4)

Para a conversão destas coordenadas, a primeira providência de acordo com a NBR 14.166 (conforme seção 5.2.3 deste trabalho), é determinar a origem do sistema e definir o fator de elevação (c). O formulário para o referido cálculo apresentam-se na seção 5.2.3 desta pesquisa.

A origem escolhida para o sistema implantado na região foi o ponto CEM1, que tem as coordenadas geodésicas referidas aos sistemas WGS-84 e SAD-69, indicados na tabela 69.

TABELA 69- COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO CEM1

SISTEMA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE GEOMÉTRICA (m)
WGS-84	-25° 34' 22,95160"	-48° 21' 00,13040"	1,2840
SAD-69	-25° 34' 21,16834"	-48° 20' 58,44420"	4,5155

Partindo-se desta coordenadas geodésicas referenciadas ao SAD-69, foi calculado o fator de elevação (c) pelo seguinte formulário:

$$c = 1 + 1,57 \times 10^{-7} \times Ht \quad (10)$$

onde:

Ht = altitude média da região de estudo (considerada como 6,6490 m);

$$c = 1,000001044$$

As coordenadas do marco CEM1 no sistema plano-retangular – STL estão representadas na tabela 70.

No STL o marco origem possui coordenada X, igual a 150.000,000 m e a coordenada Y igual a 250.000,000 m, por definição do STL.

TABELA 70 - COORDENADAS PLANO-RETANGULARES (STL) PONTO CEM1

X (m)	Y (m)	Z (m)	Fator de elevação (c) (m)
150.000,000	250.000,000	5,515501044	1,000001044

Para os pontos TREV e TENG, as coordenadas geodésicas referidas ao sistema WGS-84 foram transformadas para o sistema SAD-69 (tabela 71) pelo programa TRWGS_SAD. E as coordenadas geodésicas referidas ao datum SAD-69 foram transformadas para o sistema de coordenada local pelo programa TRGEO_XYZ (tabela 71).

TABELA 71- COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E COORDENADAS STL PONTOS TREV E TENG

MARCO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE GEOMÉTRICA (m)	X (m)	Y (m)
TREV	-25° 32' 51,38139"	-48° 23' 01,74622"	5,5090	137.365,9552	236.224,8498
TENG	-25° 41' 48,61092"	-48° 28' 31,57670"	8,1151	146.557,8701	252.762,5439

7.5.1.1 Cálculo dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 para os dados dos grupos 1 e 4 – Litoral 1998

O formulário para o cálculo dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166, encontra-se na seção 5.2.5, onde são apresentados os requisitos para levantamentos de pontos de apoio utilizando GPS. Para a utilização deste método de posicionamento, a norma em estudo faz algumas recomendações com relação aos receptores empregados, tais como: as linhas de base formadas devem apresentar desvios-padrão de cada componente medida (dX, dY e dZ), iguais ou superiores a:

- Distância horizontal (dX, dY):

$$\sigma X, \sigma Y = \pm (10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D); \quad (11)$$

- Distância vertical (dZ): $\sigma Z = \pm (20 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D).$ (12)

A distância D citada acima deve ser expressa em quilômetros e representa o comprimento da linha de base formada.

Para o desenvolvimento desta análise, as coordenadas geodésicas geocêntricas, referidas ao datum WGS-84, obtidas pelo posicionamento com o GPS foram transformadas em coordenadas cartesianas geocêntricas. Esta conversão entre sistemas de coordenadas foi concebido, para que as comparações entre os desvios-padrão estabelecidos pela norma e os calculados, fossem quantificados em metros. As coordenadas cartesianas geocêntricas, estão apresentadas no Apêndice I desta pesquisa.

Para a conversão entre sistemas de coordenadas foi utilizado o formulário apresentado por GARNÉS (1998, p.07):

$$X = (N + H) \cos \varphi \cos \lambda \quad (13)$$

$$Y = (N + H) \cos \varphi \sin \lambda \quad (14)$$

$$Z = [(N (1 - f)^2 \sin \varphi \quad (15)$$

$$N = a / (1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2} \quad (16)$$

Onde :

N ; raio de curvatura da seção primeiro vertical;

H : altitude geométrica de um ponto na superfície da Terra;

φ e λ : latitude e longitude geodésicas geocêntricas, respectivamente;

f : achatamento do elipsóide considerado;

a : semi-eixo maior do elipsóide de referência; e

e : primeira excentricidade do elipsóide de referência.

O procedimento para a obtenção do desvio-padrão calculado foi desenvolvido de acordo com o formulário apresentado por KAHMEN e FAIG (1998, p,10), que define o desvio-padrão como:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{n}} \quad (17)$$

e:

$$\varepsilon = \mu - l_n \quad (18)$$

onde:

μ : valor verdadeiro da medida;

l_n : medida calculada; e

n : número de medidas.

O primeiro grupo de dados obtidos no ano de 1998, referem-se a dados do ponto CEM1 nos dias GPS 37 e 41. A linha de base calculada corresponde a 89,638568 km. A tabela 72, apresenta os valores para os desvios-padrão σX , σY e σZ de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado.

TABELA 72 - DESVIOS-PADRÃO σX , σY E σZ DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO CEM1 DIA 37

	σX (cm)	σY (cm)	σZ (cm)
σ NORMA	$\pm 18,930$	$\pm 18,930$	$\pm 19,930$
σ A	$\pm 28,155$	$\pm 26,491$	$\pm 54,427$
σ B	$\pm 12,317$	$\pm 08,684$	$\pm 08,250$
σ C	$\pm 08,576$	$\pm 09,014$	$\pm 06,906$
σ D	$\pm 12,317$	$\pm 08,684$	$\pm 08,250$

Observa-se na tabela 72, que valor do desvio-padrão calculado para o processamento A não atende o valor recomendado pela norma. Os demais valores enquadram-se dentro do limite estabelecido. Observa-se que o processamento C

apresenta os menores desvios-padrão para as coordenadas X e Z, enquanto que para a coordenada Y, os processamentos B e D obtiveram valores menores.

Este comportamento era esperado, pois na seção 7.2.1 o processamento C obteve a melhor solução em face dos valores apresentados para o RMS e Ratio.

A tabela 73, apresenta os valores desvios-padrão σ_X , σ_Y e σ_Z de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado para o ponto CEM1 no dia GPS 41.

TABELA 73- DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO CEM1 DIA 41

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 18,930$	$\pm 18,930$	$\pm 19,930$
σ_A	$\pm 6,470$	$\pm 3,075$	$\pm 2,644$
σ_B	$\pm 6,470$	$\pm 3,075$	$\pm 2,644$
σ_C	$\pm 8,192$	$\pm 0,481$	$\pm 2,034$
σ_D	$\pm 6,484$	$\pm 3,091$	$\pm 2,622$

Constata-se na tabela 73, que para o dia GPS 41 todos os valores ficaram muito abaixo aos recomendados pela norma. Este dia GPS apresentou valores inferiores aos do dia 37. Como demonstrado nas seções 7.2.1 e 7.4.1, isto pode ter ocorrido em função de diversos fatores, como por exemplo, os horários de realização dos levantamentos, à influência ionosférica e troposférica, a constelação de satélites rastreados e a geometria durante os levantamentos.

A tabela 74 apresenta os valores para desvios-padrão calculados de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado. Ressalta-se que a linha de base formada entre os pontos PARA e CEM1 é de 89,6386 km.

TABELA 74 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO CEM1 NO DIA GPS 38 ANO 2000

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 18,93$	$\pm 18,93$	$\pm 19,93$
σ_A	$\pm 3,155$	$\pm 16,638$	$\pm 2,120$
σ_B	$\pm 3,155$	$\pm 16,638$	$\pm 2,130$
σ_C	$\pm 2,607$	$\pm 1,647$	$\pm 1,263$
σ_D	$\pm 38,904$	$\pm 55,324$	$\pm 54,704$
σ_E	$\pm 5,572$	$\pm 5,226$	$\pm 8,614$

Na tabela 74 percebe-se que o processamento C obteve como resultado os menores valores, de forma análoga ao ocorrido nas seções 7.2.2. e 7.4.4. Verifica-se também que os demais processamentos, com exceção do processamento D, obtiveram valores dentro do limite estabelecido pela norma.

A tabela 75 apresenta os valores desvio-padrão calculados de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado, para o dia GPS 41.

TABELA 75 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO CEM1 NO DIA GPS 41 ANO 2000

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 18,93$	$\pm 18,93$	$\pm 19,93$
σ_A	$\pm 16,639$	$\pm 20,976$	$\pm 15,248$
σ_B	$\pm 16,639$	$\pm 20,976$	$\pm 15,248$
σ_C	$\pm 16,449$	$\pm 09,714$	$\pm 12,860$
σ_D	$\pm 16,648$	$\pm 20,986$	$\pm 15,220$
σ_E	$\pm 16,354$	$\pm 11,04$	$\pm 13,310$

Percebe-se na tabela 75 que os valores apresentados para este dia GPS estão maiores comparados aos do dia 38. Este aumento nos valores podem ter sido motivados por diversos fatores, tais como uma possível influência da ionosfera na estação base como mostra o anexo 4.

Observa-se que a coordenada Y teve o pior desempenho para os processamentos A, B e D. O processamento C novamente apresentou uma melhor solução.

A tabela 76 apresenta os valores desvio-padrão calculados de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado, para o dia GPS 42.

TABELA 76 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO CEM1 NO DIA GPS 42

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 18,93$	$\pm 18,93$	$\pm 19,93$
σ_A	$\pm 4,587$	$\pm 20,976$	$\pm 05,180$
σ_B	$\pm 4,587$	$\pm 20,976$	$\pm 05,180$
σ_C	$\pm 7,521$	$\pm 09,714$	$\pm 04,532$
σ_D	$\pm 4,587$	$\pm 20,986$	$\pm 05,180$
σ_E	$\pm 9,738$	$\pm 11,040$	$\pm 08,489$

Observa-se que para este dia, o processamento C propiciou os melhores resultados. A coordenada Y apresentou para os processamentos A, B e D, valores que estão acima do limite determinado pela norma, portanto, estes processamentos foram reprovados pelos critérios estabelecidos na NBR 14.166. Nas seções 7.2.2 e 7.4.4, os possíveis fatores que motivaram este comportamento dos processamentos realizados podem ser revistos.

A tabela 77 apresenta os valores para os desvios-padrão calculados de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para os processamentos realizados para o ponto TENG nos dias 38, 41 e 42 do ano 2000.

TABELA 77 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA O PONTO TENG PARA OS DIAS GPS 38, 41 E 42

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 1,883$	$\pm 1,883$	$\pm 2,883$
σ_F DIA 38	$\pm 00,648$	$\pm 00,730$	$\pm 00,074$
σ_E DIA 38	$\pm 01,912$	$\pm 02,159$	$\pm 01,379$
σ_F DIA 41	$\pm 01,681$	$\pm 04,246$	$\pm 02,153$
σ_E DIA 41	$\pm 01,868$	$\pm 05,969$	$\pm 2,214$
σ_F DIA 42	$\pm 0,050$	$\pm 1,653$	$\pm 1,05$
σ_E DIA 42	$\pm 0,0245$	$\pm 01,867$	$\pm 00,0896$

Constata-se na tabela 77 que os processamentos E, não produziram soluções satisfatória à NBR 14.166. Ressalta-se que a linha de base correspondente a este ponto é de 4,4135 km.

Conforme apresentado na seção 7.3.1, o processamento F apresentou as melhores soluções.

7.5.2 Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS-84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região de Tunas do Paraná (Grupo 2)

A origem escolhida para o STL implantado nesta região de estudo, foi o ponto PARA (em Curitiba). A altitude média da região referida ao Datum SAD-69 é de 968,20955 m. As coordenadas geodésicas do marco PARA nos sistemas WGS-84 e SAD-69, estão apresentadas na tabela 78. A coordenada geodésica referenciada no sistema SAD-69 foi obtida pelo programa TRWGS_SAD.

TABELA 78- COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO PARA

SISTEMA DE REFERÊNCIA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE GEOMÉTRICA (m)
WGS-84	-25° 26' 54,12910"	-49° 13' 51,43680"	925,759
SAD-69	-25° 26' 52,35780"	-49° 13' 49,72629"	929,7354

Partindo-se desta coordenadas geodésica referenciada ao SAD-69, foi calculado o fator de elevação (c): $c = 1,000152009$.

As coordenadas do ponto PARA no sistema plano-retangular – STL estão representadas na tabela 79.

TABELA 79- COORDENADAS PLANO-RETANGULARES (STL) PONTO PARA

X (m)	Y (m)	Z (m)	Fator de elevação (c) (m)
150.000,000	250.000,000	930,73555	1,000152009

Para os pontos RN2044, PT07 e PT10, as coordenadas geodésicas referidas ao datum WGS-84 foram transformadas para o datum SAD-69 (tabela 80) pelo programa TRWGS_SAD. E as coordenadas geodésicas referidas ao datum SAD-69 foram transformadas para o sistema de coordenada local pelo programa TRGEO_XYZ (tabela 80).

TABELA 80- COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E COORDENADAS STL PONTOS N2044, PT07 E PT10

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE GEOMÉTRICA (m)	X (m)	Y (m)
RN2044	-24° 57' 29,80830"	-49° 05' 47,41136"	965,22950	163.531,50303	304.236,25882
PT07	-24° 55' 20,49667"	-49° 06' 45,76478"	901,30330	161.897,83034	308.217,15274
PT10	-24° 55' 34,90857"	-49° 06' 00,44556"	1076,57000	163.169,21750	307.772,47577

7.5.2.1 Cálculo dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 para os dados do grupo 2 – Tunas do Paraná 1999

O formulário utilizado para cálculo do desvio-padrão de acordo com a NBR 14.166, foi apresentado em seção 7.5.1.1.

A tabela 81 apresenta os valores para desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para cada processamento realizado para o ponto RN2044. no dia GPS 230.

TABELA 81 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E CALCULADOS PARA O PONTO RN2044 NO DIA GPS 230

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 12,18$	$\pm 12,18$	$\pm 13,18$
σ_A	$\pm 66,390$	$\pm 62,800$	$\pm 47,698$
σ_B	$\pm 24,536$	$\pm 07,048$	$\pm 05,289$
σ_C	$\pm 06,118$	$\pm 08,121$	$\pm 04,809$
σ_D	$\pm 06,347$	$\pm 07,258$	$\pm 05,216$
σ_E	$\pm 09,939$	$\pm 01,613$	$\pm 08,297$

Constata-se na tabela 81, que os processamentos A e B não obtiveram soluções compatíveis com a NBR 14.166. Na mesma tabela, é possível

perceber através dos resultados apresentados que a retirada de alguns satélites para os processamento C e D, propiciaram melhores resultados, tornando esses processamentos satisfatórios a norma.

A tabela 82 apresenta os valores do desvio padrão calculados de acordo com a NBR 14.166 e calculados para cada processamento realizado para o ponto PT07.

TABELA 82 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E CALCULADOS PARA CADA PROCESSAMENTO DO PONTO PT07

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 12,88$	$\pm 12,88$	$\pm 13,88$
σ_A	$\pm 70,870$	$\pm 83,705$	$\pm 53,367$
σ_B	$\pm 23,368$	$\pm 10,265$	$\pm 05,973$
σ_C	$\pm 01,194$	$\pm 02,837$	$\pm 02,610$
σ_D	$\pm 00,437$	$\pm 47,070$	$\pm 03,952$
σ_E	$\pm 06,766$	$\pm 09,273$	$\pm 06,362$

Percebe-se na tabela 82 que o processamento C, forneceu a melhor solução para o ponto PT07, como demonstrado nas seções anteriores 7.4.2 e 7.43. Ressalta-se que a linha de base formada é de 59,8991 km.

A tabela 83 mostra os desvios-padrão obtidos para o ponto PT10, calculados de acordo com a NBR 14.166 e calculados para cada processamento realizado.

TABELA 83 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z CALCULADOS DE ACORDO COM A NBR 14.166 E CALCULADOS PARA CADA PROCESSAMENTO DO PONTO PT10

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 12,85$	$\pm 12,85$	$\pm 13,85$
σ_A	$\pm 71,028$	$\pm 183,30$	$\pm 05,374$
σ_B	$\pm 04,024$	$\pm 06,875$	$\pm 05,049$
σ_C	$\pm 03,861$	$\pm 06,985$	$\pm 03,919$
σ_D	$\pm 04,695$	$\pm 07,992$	$\pm 05,374$
σ_E	$\pm 05,883$	$\pm 09,717$	$\pm 05,214$

Constata-se na tabela 83, que todos os processamentos proporcionaram resultados dentro dos limites determinados pela norma, com exceção para o processamento A. Conforme apresentado nas seções 7.2.3 e 7.2.3.2, dentre os diversos

fatores que podem ter contribuído para estes resultados, pose-se citar o horário do levantamento, a influência ionosférica e troposférica.

7.5.3 Transformação das Coordenadas Geodésicas (WGS-84) para Coordenadas do Sistema Topográfico Local – Região de Ponta Grossa/São Mateus do Sul (Grupos 3)

A origem escolhida para o STL implantado nesta região de estudo, foi o ponto BSPG (em Ponta Grossa). A altitude média da região referida ao sistema SAD-69 é de 855,12298 m. As coordenadas do ponto BSPG no datum WGS-84, estão apresentadas na tabela 84.

TABELA 84- COORDENADAS GEODÉSICAS (WGS-84 E SAD-69) PONTO BSPG

SISTEMA DE REFERÊNCIA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE GEOMÉTRICA (m)
WGS-84	-25° 05' 43,40039"	-50° 06' 18,47475"	911,953
SAD-69	-25° 05' 41,64420"	-50° 06' 16,74380"	914,59950

Na tabela 84 são apresentadas as coordenadas geodésicas do ponto BSPG, agora referidas ao datum SAD-69. Esta coordenada foi obtida pelo programa TRWGS_SAD.

Partindo-se desta coordenadas geodésica referenciada ao SAD-69, foi calculado o fator de elevação (c): $c = 1,000134254$.

As coordenadas do ponto BSPG no sistema plano-retangular – STL estão representadas na tabela 85.

TABELA 85 - COORDENADAS PLANO-RETANGULARES (STL) PONTO BSPG

X (m)	Y (m)	Z (m)	Fator de elevação (c) (m)
150.000,000	250.000,000	915,59963	1,000134254

Para os pontos PT01, PT02, PT03 e PT04, as coordenadas geodésicas referidas ao datum WGS-84 foram transformadas para o datum SAD-69 (tabela 86) pelo programa TRWGS_SAD. E as coordenadas geodésicas referidas ao sistema SAD-69 foram transformadas para o sistema de coordenada local pelo programa TRGEO_XYZ (tabela 86).

TABELA 86 - COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) E COORDENADAS STL DOS PONTOS PT01, PT02, PT03 E PT04

MARCO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTURA GEOMÉTRICA (m)	X (m)	Y (m)
PT01	-25° 26' 02,14186"	-49° 59' 38,70189"	884,39970	161.123,87955	212.433,77014
PT02	-25° 26' 04,61714"	-49° 59' 40,11102"	884,39080	161.084,43643	212.357,62314
PT03	-25° 40' 44,37597"	-50° 17' 41,84348"	796,72990	130.892,78912	185.273,09918
PT04	-25° 40' 45,99963"	-50° 17' 58,22253"	795,49500	130.436,05804	185.222,47341

7.5.3.1 Cálculo dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 para os dados do grupo 3 – Ponta Grossa – São Mateus do Sul 1999

Nesta seção são apresentados os valores dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 e calculados a partir das observações realizadas.

A tabela 87 contém os valores calculados dos desvios-padrão de acordo com a NBR 14.166 e os calculados para os marcos PT01, PT02, PT03 e PT04.

TABELA 87 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA OS PROCESSAMENTOS DO PONTO PT01.

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 08,836$	$\pm 08,836$	$\pm 09,836$
σ_A	$\pm 01,625$	$\pm 02,240$	$\pm 01,504$
σ_B	$\pm 01,653$	$\pm 02,316$	$\pm 01,575$
σ_C	$\pm 01,148$	$\pm 02,324$	$\pm 01,082$
σ_D	$\pm 05,958$	$\pm 08,707$	$\pm 05,254$

Percebe-se pela tabela 87, que todos os processamentos proporcionaram soluções com valores dentro dos limites estabelecidos pela norma. Verifica-se que de acordo com a seção anterior 7.4.3, o processamento C, propiciou a melhor solução.

A tabela 88 apresenta os valores desvio-padrão calculados para o ponto PT02.

TABELA 88 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA OS PROCESSAMENTOS DO PONTO PT02.

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 08,848$	$\pm 08,848$	$\pm 09,848$
σ_A	$\pm 07,214$	$\pm 07,509$	$\pm 04,700$
σ_B	$\pm 07,214$	$\pm 07,509$	$\pm 04,700$
σ_C	$\pm 05,231$	$\pm 05,364$	$\pm 03,382$
σ_D	$\pm 01,607$	$\pm 03,045$	$\pm 01,772$

Avaliando-se a tabela 88, verifica-se que todos os processamentos propiciaram soluções satisfatórias aos limites estabelecidos pela NBR 14.166, Dentre eles ressalta-se que o processamento C, proporcionou a melhor solução.

Na tabela 89 são encontrados os valores para o marco PT03.

TABELA 89 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA OS PROCESSAMENTOS DO PONTO PT03.

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 05,470$	$\pm 05,470$	$\pm 06,470$
σ_A	$\pm 20388,7$	$\pm 48602,5$	$\pm 59,543$
σ_B	$\pm 60,331$	$\pm 21,681$	$\pm 98,554$
σ_C	$\pm 54,334$	$\pm 21,681$	$\pm 94,083$
σ_D	$\pm 58,902$	$\pm 15,873$	$\pm 97,874$

Neste ponto foram encontrados vários problemas durante o rastreo e que foram justificados na seção 7.4.3. Dentre os fatores que podem ter propiciado tais problemas, pode-se citar a influência da ionosfera e da troposfera na estação base BSSM. Para este ponto nenhuma das soluções geradas foi menor que o limite determinado pela norma.

A tabela 90 apresenta os valores dos desvios-padrão calculados para o ponto PT04.

TABELA 90 - DESVIOS-PADRÃO σ_X , σ_Y E σ_Z DE ACORDO COM A NBR 14.166 E OS CALCULADOS PARA OS PROCESSAMENTOS DO PONTO PT04.

	σ_X (cm)	σ_Y (cm)	σ_Z (cm)
σ_{NORMA}	$\pm 05,445$	$\pm 05,445$	$\pm 06,445$
σ_A	$\pm 02,213$	$\pm 01,401$	$\pm 00,846$
σ_B	$\pm 02,264$	$\pm 01,375$	$\pm 00,819$
σ_C	$\pm 04,696$	$\pm 03,747$	$\pm 03,709$
σ_D	$\pm 01,544$	$\pm 01,862$	$\pm 01,169$

Constata-se na tabela 90 que todos os processamentos obtiveram solução satisfatória com relação aos limites determinados pela NBR 14.166.

7.6 IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Para este estudo foram analisadas as RRNN existentes no campus. A partir delas foram feitas as transformações necessárias utilizando o programa TRGEO_XYZ. As coordenadas originais foram obtidas no LAIG – Laboratório de Instrumentação Geodésica da UFPR. Para a conferência destas coordenadas foram realizados em 3 estações levantamento com GPS. As estações escolhidas foram RN02, RM01 (RN12) e RN20. Como as coordenadas obtidas no referencial WGS-84 ficaram muito próximas as obtidas pelo LAIG, adotou-se estas como corretas.

A tabela 91 apresentada as coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude geométrica) referidas ao Datum SAD-69.

TABELA 91 – COORDENADAS GEODÉSICAS (SAD-69) – PONTOS MARCOS DO CENTRO POLITÉCNICO

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	h (m)
RN01 (IBGE RN 2053d)	-25° 27' 09,87266"	-49° 13' 56,55536"	928,4474
RN02	-25° 27' 07,77269"	-49° 14' 03,82931"	921,0994
RN03	-25° 27' 06,36971"	-49° 14' 07,63328"	916,7570
RN06	-25° 26' 59,64574"	-49° 14' 07,54431"	908,8058
RN07	-25° 26' 58,34174"	-49° 14' 08,70931"	907,4199
RN08	-25° 26' 54,17675"	-49° 14' 03,76336"	909,3670
RN09	-25° 26' 52,66090"	-49° 14' 03,90663"	908,8084
RN10	-25° 26' 56,22772"	-49° 13' 58,27640"	931,4986
RN11	-25° 26' 46,36374"	-49° 13' 52,25549"	931,4165
RN12	-25° 26' 51,55471"	-49° 13' 49,63249"	928,1996
RN13	-25° 26' 55,96969"	-49° 13' 47,92949"	924,5538
RN14	-25° 27' 03,90065"	-49° 13' 46,20947"	924,7531
RN15	-25° 27' 02,24668"	-49° 13' 52,33643"	915,3163
RN19	-25° 27' 05,20958"	-49° 13' 51,34236"	915,8535
RN20	-25° 27' 16,76767"	-49° 14' 08,53524"	919,3580
RN21	-25° 27' 12,94869"	-49° 14' 10,64123"	914,2366
RN22	-25° 27' 18,14068"	-49° 14' 13,01219"	914,2267
RN23	-25° 27' 15,34570"	-49° 14' 15,75918"	920,2359
RM01=RN12	-25° 26' 51,55471"	-49° 13' 49,63249"	928,1996
RM02	-25° 26' 52,77270"	-49° 13' 48,93649"	927,4355
RM03	-25° 26' 52,79671"	-49° 13' 50,50048"	926,7611
AZIMUTE	-25° 26' 46,35774"	-49° 13' 52,28249"	931,3595
PARA (RBMC)	-25° 26' 52,35771"	-49° 13' 49,72649"	928,7354

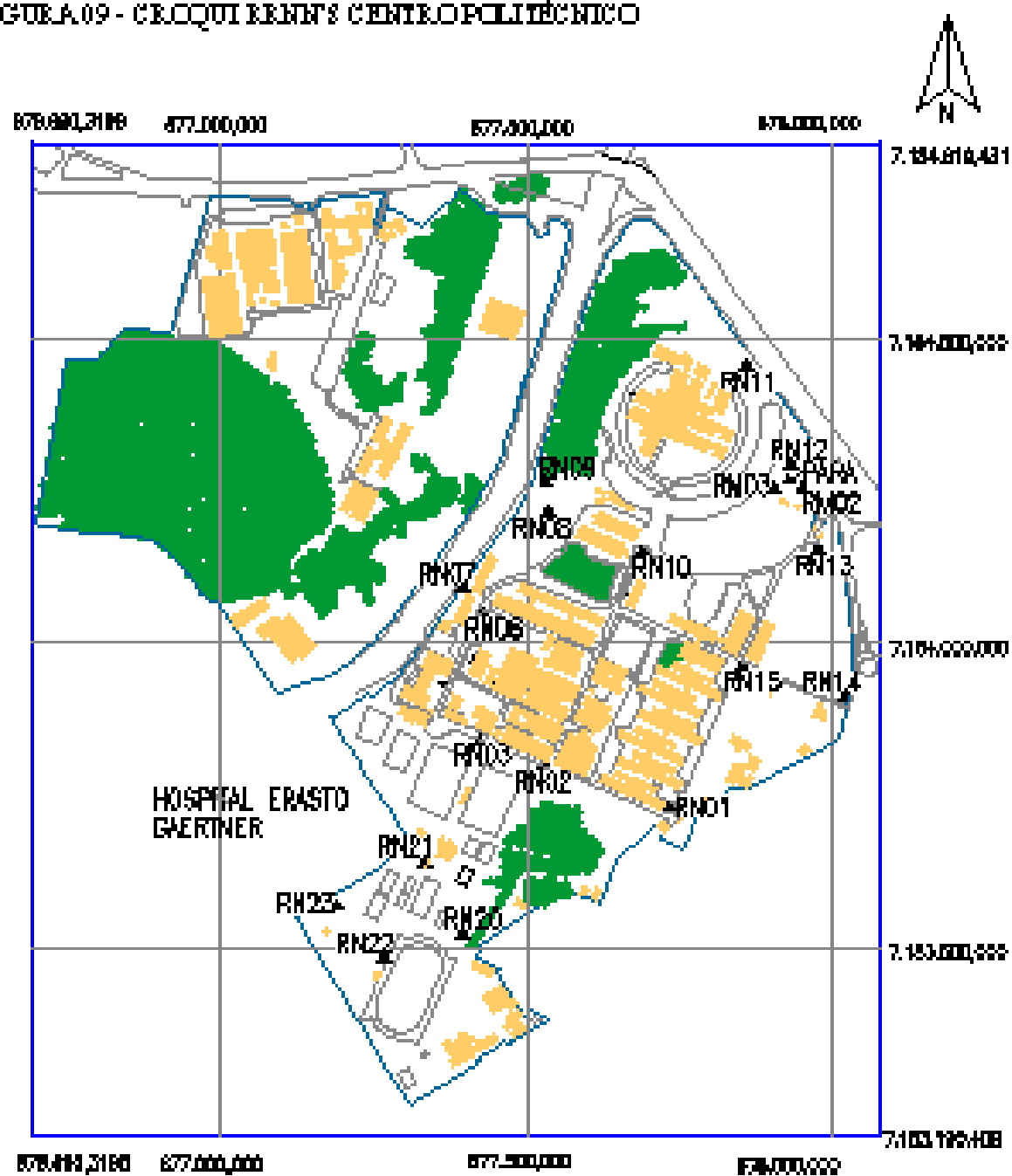
A tabela 92 mostra as coordenadas dos marcos existentes no Centro Politécnico, no sistema de coordenadas topográficas local.

TABELA 92 – COORDENADAS NO SISTEMA TOPOGRÁFICO LOCAL – PONTOS EXISTENTES NO CENTRO POLITÉCNICO

PONTOS	X (m)	Y (m)
RN01 (IBGE RN 2053d)	150.048,08973	249.580,05322
RN02	149.844,83844	249.644,68264
RN03	149.738,54559	249.687,86014
RN06	149.741,02764	249.894,80202
RN07	149.708,47328	249.934,93421
RN08	149.846,67645	250.063,12126
RN09	149.842,67248	250.109,77411
RN10 (origem)	150.000,00000	250.000,00000
RN11	150.168,24687	250.303,57990
RN12 = RM01	150.241,54047	250.143,81776
RN13	150.289,12520	250.007,93820
RN14	150.337,18183	249.763,84806
RN15	150.165,97905	249.814,75507
RN19	150.193,75477	249.723,56631
RN20	149.713,34943	249.367,84427
RN21	149.654,50123	249.485,37867
RN22	149.588,25664	249.325,58423
RN23	149.511,49788	249.411,60205
RM02	150.260,98837	250.106,33166
RM03	150.217,28524	250.105,59349
AZIMUTE	150.167,49239	250.303,76457
PARA	150.238,91335	250.119,10410

A figura 13 representa o croqui do Centro Politécnico, com a localização das RRNN apresentadas nas tabelas 91 e 92.

FIGURA.09 - CROQUI KENT'S CENTRO POLITECNICO



8 COMENTÁRIOS FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 COMENTÁRIOS FINAIS

O principal objetivo desta pesquisa constitui em avaliar as recomendações da norma NBR 14.166 relacionadas ao posicionamento por satélites, analisando seus procedimentos e confrontando a nova realidade da geodésia através da utilização de satélites do NAVSTAR-GPS.

Para atingir-se este objetivo foi necessário a execução de vários experimentos. Dentre esses ensaios foram realizadas análises das linhas de base formadas por posicionamentos relativos estáticos, com tempo de permanência no ponto variando de 2 horas a 8 horas e 30 minutos, para avaliar suas precisões. Estes experimentos foram realizado com dados coletados em anos considerados de média e alta atividade ionosférica, propiciando condições adversas para levantamentos geodésicos de precisão como é o caso da implantação de uma Rede de Referencia Cadastral Municipal.

Foram analisados resultados de bases curtas com 4 km e 18 km, obtidos pelo processamento em 2 programas comerciais distintos, visando avaliar os ruídos, também chamados de “Ruído do Software”.

Para linhas de base longas, foram feitos testes com comprimentos de 22 km, 39 km, 56 km, 59 km e 89 km. Estes comprimentos foram determinados em função dos dados disponíveis durante os anos de interesse, 1998, 1999 e 2000. Os testes consistiram em obter resultados advindos das várias estratégias de processamento, tais como: *Wide Lane*, *Ionosphere Free*, *Wide Lane e Ionosphere Free* com omissão de satélites. Essas estratégias são resultantes de combinações lineares entre as portadoras L_1 e L_2 . Essas técnicas foram utilizadas para verificar a eficiência ou não do emprego da combinação linear livre de ionosfera para linhas de base superiores a 50 km, como

é indicado na norma em estudo. Outra verificação realizada foi com relação ao emprego da técnica da retirada dos satélites considerados ruins. Os testes avaliam a qualidade dos dados produzidos a partir desta estratégia e a sua eficiência quanto ao emprego nas técnicas *Wide Lane* e *Ionosphere Free*.

Para uma melhor avaliação dos resultados, os dados foram divididos em 4 grupos de acordo com a área de estudo e o ano de aquisição dos dados. O primeiro grupo equivale ao Grupo 1 – Litoral 1998, o segundo grupo representa o Grupo 2 – Tunas do Paraná 1999, o terceiro grupo trata do Grupo 3 – Ponta Grossa / São Mateus do Sul, e finalmente o Grupo 4 – Litoral 2000.

Outro experimento realizado foi a consideração da rede de marcos existentes no campus do Centro Politécnico (UFPR), tendo como origem do sistema topográfico local implantado, uma das RRNN existentes. Além disto, todos marcos existentes foram incluídos no sistema topográfico local da UFPR.

Cabe ressaltar que a precisão obtida em todos os experimentos desta pesquisa, está de acordo com as especificadas para os receptores geodésicos utilizados.

8.2 CONCLUSÕES

Baseando-se nos testes aplicados, a estratégia de retirada de alguns satélites, mostrou favorecer o processamento dos dados proporcionando a fixação de ambigüidades, antes consideradas flutuantes. Essa consideração ocorreu de forma geral, em todos os grupos de dados em que ela foi aplicada, apresentando melhores índices de precisão de forma conjunta.

O processamento A (*Wide Lane*) sem a manipulação dos dados, apresentou ótimos resultados quando utilizada no processamento de linhas de base de até 60 km. Isto pode ser verificado quando se avalia os valores de desvio-padrão calculados para o Grupo 2 – Tunas do Paraná. É importante lembrar, que a norma em estudo

recomenda que acima de 50 km, seja utilizado o processamento B (LC - *Ionosphere Free*). Porém os mesmos índices calculados para LC apresentaram valores superiores.

Para todos os grupos de dados foram realizadas várias análises para verificar a influência da ionosfera nos resultados finais das coordenadas. Foi identificado nos dados cujos levantamentos de campo ocorreram entre as 12:00 h e as 16:00 h, que a ação ionosférica eleva as diferenças entre a coordenada padrão e a coordenada calculada para a ordem do decímetro. Principalmente a coordenada altimétrica sofreu um acréscimo de até 1m. Esta ação fica mais evidente nos dados que possuem poucas horas de rastreo. Uma forma de evitar esses erros nas coordenadas é realizar levantamentos em horários noturnos ou pelo começo da manhã evitando os horários de maior iluminação solar, que ocasionam uma elevação do TEC (Conteúdo Total de Elétrons) na ionosfera.

Com relação a ação da ionosfera nos resultados finais das coordenadas, a utilização do processamento C (*Wide Lane* com omissão dos satélites) proporciona a recuperação dos dados em que foram detectados muita influência e que acusavam inconsistência dos dados. Isto pode ser verificado em todos os grupos analisados em que o processamento A (*Wide Lane*) e B (*Ionosphere Free*) não produziram resultados satisfatórios, principalmente nos dados do grupo 2 – Tunas do Paraná.

Foram avaliadas linhas de base superiores a 20 km e obteve-se que o processamento com L_1 não pode ser aplicado para esses comprimentos, pois não gerou solução. A norma NBR 14.166 recomenda que até 50 km seja empregado receptores de apenas uma frequência (L_1).

Os testes realizados neste trabalho de pesquisa comprovaram o que diz a literatura, de que quando há efeito devido a ação ionosférica, o emprego de receptores de dupla frequência proporciona uma melhor modelagem (ver p.33).

Mediante a análise dos dados do Grupo 4 – Litoral 2000, pode-se concluir que existe a presença do ruído do software, com relação a programas distintos. Neste

trabalho empregou-se os programas Prism e Ashtech Solutions, ambos desenvolvidos pela mesma empresa. Verificou-se neste caso que para o processamento E (Ashtech Solutions/C95), em todos os pontos processados ocorreu um deslocamento dos valores obtidos em relação as demais soluções geradas pelos outros processamentos. Para os resultados do erro bidimensional verificou-se que o deslocamento foi da ordem de 10 cm.

Mediante as análises efetuadas principalmente para implantação de marcos geodésicos e as outras análises realizadas, constatou-se a necessidade de se realizar mais de uma ocupação, visto que o mesmo marco em dias distintos, apresentou diferenças nas soluções geradas. Desta forma a coordenada final para os marcos geodésicos implantados serão resultado de um ajustamento de coordenadas.

Constatou-se nas análises para as linhas de base curta que as diferenças na altitude geométrica para o ano de 2000, foram superiores as obtidas para o ano de 1998 no ponto TENG. Tal diferença pode ser atribuída a maior atividade ionosférica presente nos dados do ano de 2000 (TENG dias GPS 41 e 42). Conforme os anexos I e IV.

8.3 RECOMENDAÇÕES

Para a minimização dos efeitos produzidos pela ação da ionosfera recomenda-se além da utilização de modelos ionosféricos, realizar um pré-planejamento dos horários em que serão realizados os levantamentos de campo. Como já demonstrado anteriormente os horários de maior iluminação solar, ocorrem entre as 12:00 h e as 16:00 h (horário local).

Para a realização de levantamentos geodésicos de precisão, recomenda-se a utilização de programas para análise da qualidade dos dados, como por exemplo, o programa utilizado nesta pesquisa, o TEQC (*Translate, Edit and Quality Check*). Este

tipo de programa realiza análises, como por exemplo, em relação a existência de multicaminho, ação ionosférica dos dados, defasagem do relógio do receptor, etc. A análise realizada pelo programa, tornou-se uma valiosa ferramenta para a definição quanto ao processamento dos dados, auxiliando na tomada de decisões, como por exemplo, a retirada de satélites.

A norma em estudo, recomenda que sejam implantados 1 marco de apoio imediato a cada 3 km². De acordo com a realidade brasileira e a partir dos estudos feitos nesta pesquisa, seria suficiente a implantação de 1 marco de apoio imediato dentro de cada município. Com este tipo de densificação a economia de tempo para realização da implantação de um sistema topográfico local pode ser significativa, além de ser mais coerente com a realidade nacional.

De acordo com os estudos feitos durante a realização desta pesquisa, recomenda-se que para implantação de marcos geodésicos de apoio imediato sejam utilizados receptores de dupla frequência, quando a distância entre o vértice do Sistema Geodésico Brasileiro e os pontos na região sejam superiores a 20 km. Esta recomendação é feita para assegurar a precisão exigida pela norma, além da dificuldade em se obter uma solução para as linhas de base com receptores mono-frequência.

Para avaliar-se de forma mais adequada a influência da ionosfera nos resultados finais das coordenadas dos marcos, recomenda-se realizar levantamentos em anos de baixa atividade ionosférica, para que sejam comparados aos valores adquiridos nesta pesquisa. Os valores aqui mostrados se referem a levantamentos realizados em anos de média e alta atividade ionosférica. Com a aquisição de novos dados seria possível uma quantificação dos valores obtidos e a validação dos erros aqui obtidos.

Para a implantação de marcos geodésicos de apoio imediato na região de trabalho, recomenda-se não utilizar os vértices da rede clássica devido aos erros

embutidos em suas coordenadas, esses erros podem chegar a 50 cm. Por isso, aconselha-se a utilização de marcos pertencentes ao IBGE, buscando sempre a melhor precisão possível para trabalhos de precisão.

Quanto a escolha dos programas utilizados para processamento dos dados, recomenda-se avaliar inicialmente o que se deseja alcançar. Durante esta pesquisa foi possível detectar a existência de ruídos nos softwares. A capacidade de manipulação dos dados pelo usuário, também deve ser questionada. Alguns programas, não oferecem ao usuário liberdade para alterar, por exemplo: o número de satélites que participarão do processamento, o satélite de referência, ou talvez, o grau mínimo de elevação da máscara para processamento dos dados. Esses são elementos fundamentais para a obtenção de resultados satisfatórios ao trabalho executado.

E como sugestão deste trabalho de pesquisa, indica-se a necessidade de uma revisão da norma em questão, ou melhores esclarecimentos com relação ao item que indica as características dos receptores GPS empregados no levantamento (NBR 14.166, p. 11, sub-seção 6.3.1). Nesta subseção são apresentadas as tolerâncias para os desvios-padrão de cada componente de linha de base formada. Nota-se que o texto não esclarece quais devem ser os parâmetros empregados para o cálculo dos dX , dY e dZ , além do item relacionado ao erro azimutal. A primeira dúvida gerada é com relação ao sistema de coordenadas em que os desvios-padrão devem ser aplicados. A outra esta relacionada ao erro azimutal. Este erro deve ser calculado em relação a distância, e não fica claro com o que deve ser comparado, para avaliação do posicionamento realizado.

9 REFERÊNCIAS

BREACH, M.C. **The importance of accurate coordinates of a know station in precise relative positioning.** Survey Review, v.30, n.238, p.398-403,1990.

BRICEÑO, J.G. **Avaliação do posicionamento estático rápido para distâncias médias.** Curitiba, 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

CAMARGO, P.O. **Modelo regional da ionosfera para uso em posicionamento com receptores GPS de uma frequência.** Curitiba, 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

CARVALHO, D. L. **Análise das técnicas GPS atuais para os posicionamentos estáticos e cinemáticos em bases curtas.** Curitiba, 1999. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

FONSECA, E. S. **O sistema GPS como ferramenta para à avaliação da refração ionosférica no Brasil.** São Paulo, 2002. 176 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transoirtes.

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física,** Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1999.

HOFMANN – WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **Global positioning system.** 3. ed. New York, Spring – Verlog, 1994. 356 p.

KAHMEN, H.; FAIG, W. **Surveying** New York, 1998. 356 p. 525 p.

KRUEGER, C. P. **Posicionamento cinemático de trens**. Curitiba, 1994. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

KRUEGER, C. P. **Investigação sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Curitiba, 1996. 267 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

MARCOUIZOS, F. T.; IDOETA, I. V.; FERNANDES, N. **Sistema TM, sistema topográfico local**. São Paulo, 1997. 67 f. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS. Descrição, fundamento e aplicações**. 1. ed. Presidente Prudente: Editora Unesp, 2000. 287 p.

PARKINSON, B. W.; SPILKER JR, J. J. **Global Positioning System: Theory and Applications. Vol. 1**. Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1996. 793 p.

PICQUENARD, A. **Propagação das ondas radioelétricas nos meios naturais**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A., 1974.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. Berlim – New York, editora Walter de Gruyter, 1993, 531 p.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy. Foundations, Methods, and Applications.** Berlin – New York, editora Walter de Gruyter, 2003,

SEEBER, G. Palestra concedida pelo Prof. Dr. Ing. Günter Seeber. Curitiba, 12 mai 2003.

WANNINGER, L. **Einfluss ionosphärischer Störungen auf präzise GPS – messungen in Mitteleuropa.** GPS – Leistungsbilanz'94 Beiträge zum 34. DVW – Seminar. P. 218-232. Oktober, 1995. Geodätischen Institut. Universidade de Karlsruhe.

WÜBBENA, G. **Zur modellierung von GPS – Beobachtungen für die hochgenaue positionsbestimmung.** Tese nr. 168 Institut für Erdmessung, Universität Hannover, 1991.

10. DOCUMENTOS CONSULTADOS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.166: rede de referência cadastral municipal – procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

COSTA, S.M. **Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro – Razões e impactos com a mudança do referencial**, IBGE, 2000.

GARNÉS, S. J. A. **Sistema de Projeção e Orientação da Plantas Topográficas**, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC, Florianópolis, 1998.

IBGEa - Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/plano/pcn03.htm>> Acesso em 04 abr. 2003.

IBGEb - Disponível em <<http://ibge.gov.Br/cartografia>> Acesso em 06 sbr. 2003.

NGDC – National Geophysical Data Center. Bolder. Sunspot Number. Disponível em: <[http:// www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/SSN/ssn.html](http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/SSN/ssn.html)> acesso em: 21 nov 2001.

ROCHA, R. S.; BRANDÃO, A. C. **Referencial Geodésico no cadastro urbano**. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/XIXCBCCD/artigos/C12/CII-49/refgeo.pdf> Acesso em: 07 abr. 2003.

ANEXO I

GRUPO1 – LITORAL 1998

LISTA DE ANÁLISES PROGRAMA TEQC

GRUPO 1 - LITORAL 1998 MARCO TREV DIA 37

[illegible]

first epoch	last epoch			hrs	dt	#expt	#have	%	mp1	mp2	o/slps			
SUM 98	2	6	12:55 98	2	6	16:27	3.537	15	6179	4962	80	0.02	0.00	1

QC Symbol codes for ASCII plot:

Symbol codes for "SV":

(hierarchy is left-to-right, top-to bottom)

C	receiver clock slip	m	n-msec multipath jump
I	ionospheric phase slip	M	multipath MP1 and MP2 slips
1	multipath MP1 slip only	2	multipath MP2 slip only
3	write switch case	4	write switch case
-	SV above elev mask, but no data	+	SV data, but below elev mask
^	partial SV data and below elev mask.	A/S	off; L1 C/A
:	A/S off; L1 P1	~	A/S off; L1 C/A L2 P2
*	A/S off; L1 P1 L2 P2	,	A/S on; L1 C/A
;	A/S on; L1 P1	o	A/S on; L1 C/A L2 P2
y	A/S on; L1 P1 L2 P2	L	Bit 0 of LLI set (rx lost lock)
	no SV data and below elev mask		

Symbol codes for "Pos" (position):

(hierarchy is left-to-right, top-to bottom)

^	large position change	X	code position inverse failed
C	position did not converge	H	large horizontal uncertainty
V	large vertical uncertainty	T	large total uncertainty
>	kinematic survey is OK	o	static survey is OK
O	insufficient observables	E	insufficient ephemerides
S	insufficient SV set		

Symbol codes for "Clk" (receiver clock):

(hierarchy is left-to-right, top-to bottom)

```

- reset by - msec                                + reset by + msec
^ missing observation epoch(s)

```


GRUPO 1 - LITORAL 1998 - MARCO PARA DIA 41

```

SV+-----+ SV
1|          ++          ++++++^-----| 1
2|IIIIIIIIII+++++-----^++++| 2
3|          -----+-----+-----| 3
4|I-----II+++++-----+-----| 4
5|          ++++++-----| 5
6|          ++++++^-----| 6
7|--IIIIIIIIII+++++-----++| 7
8|          ++++++      ++III-----| 8
9|          ---II+++++-----| 9
10|IIIIIIIIIIIm      ^+++++IIII-----++| 10
13|-----I-I-----I+++      +m+++++| 13
14|          ++++++-----| 14
15|          ++++++^-----| 15
16|III-----+-----| 16
17|          ++++++-----| 17
18|IIIIII++      ++++++-----| 18
19|IIIIIIIIII++      ^+++++-----| 19
21|          ++++++^-----| 21
22|          ++++++      ++++++IIII-----| 22
23|          ++++++-----| 23
24|-----+m+++++^-----+-----| 24
25|          ++++++      ++++++m^-----| 25
26|  --IIIIIIII+++++      ^+++++IIII-----| 26
27|IIIIIIIIII+++++-----+-----| 27
29|          ++++++^-----| 29
30|          ^+++++-----| 30
31|+++++^-----+-----+-----| 31
Pos|^      ^-----| Pos
Clk|- - - - -| Clk
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
00:01:15 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00 23:59:59.953
1998 Feb 10 1998 Feb 10

```

GRUPO 1 - LITORAL 1998 - MARCO TENG DIA 42

```

SV+-----+ SV
3|*****21+++++| 3
21|*****+^| 21
1|*****+| 1
25|*****+| 25
29|*****+^| 29
15|*****11*****+| 15
14|+++++*II*****+| 14
31|*****2*+++++| 31
16|          ++++++*****| 16
22|          ++++++*****| 22
18|          ++++++*****| 18
7|          ++++++m+| 7
19|          ++++++*****| 19
Pos|oo      oo-----| Pos
Clk|- - - - -| Clk
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
16:07:45.000 18:00:00 21:00:00 22:11:59.975
1998 Feb 11 1998 Feb 11

```

ANEXO II**GRUPO 2 – TUNAS DO PARANÁ 1999****LISTA DE ANÁLISES PROGRAMA TEQC**

ANEXO III

GRUPO 3 – PONTA GROSSA/SÃO MATEUS DO SUL 1999

LISTA DE ANÁLISES PROGRAMA TEQC

GRUPO 3 - PONTA GROSSA/S. MATEUS DO SUL 1999 - MARCO PT01 DIA 160

```

SV+-----+ SV
22|oooooooooooooooooooo-----| 22
14|-oooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 14
 4|--oooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 4
16|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 16
19|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 19
18|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 18
27|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 27
13|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 13
 2|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 2
10|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 10
31|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 31
-dn|2111111112211      111111112211112221111223334432111      111 1|-dn
+dn|321111112221      1111221122211122221122333444432111      11111 11|+dn
+10|777777778888777777777777887788888889999999aabbba9999888888888888788|+10
Pos|oo              o              o|Pos
Clk|-----+ Clk
+---|-----+
11:50:30.000      12:50:30      13:50:30      14:50:30      15:50:45.000
1999 Jun 9

```

GRUPO 3 - PONTA GROSSA/S. MATEUS DO SUL 1999 - MARCO PT02 DIA 160

```

SV+-----+ SV
19|oooooooooooooooooooooooooooo-----| 19
18|oooooooooooooooooooooooooooo-----| 18
 4|-----oooooooooooooooooooo| 4
27|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 27
13|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 13
 2|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 2
10|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 10
 7|-oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 7
26|-----oIoooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 26
 9|-----oooooooooooooooooooo| 9
 5|-----oooooooooooo| 5
-dn| 1111111      1111 111      11111      1122211      1111111111111 1111111|-dn
+dn|1111111111      1111 11111      1111111      11222211 1111122111122111111212|+dn
+10|8888888888777788888888888777777777776666777766677778888888888888888|+10
Pos|o|Pos
Clk|-----+ Clk
+---|-----+
15:57:45.000      16:57:45      17:57:45      18:57:45      19:58:00.000
1999 Jun 9

```


ANEXO IV
GRUPO 4 – LITORAL 2000
LISTA DE ANÁLISES PROGRAMA TEQC

GRUPO 4 – LITORAL 2000 - MARCO CEM1 DIA 42

```

SV+-----+ SV
17|oooooooooooooooo-_____ | 17
23|ooooooooooooooooo2_____ | 23
22|ooooooooooooooooo2^_____ ++ooooooooooooooooooooooooooooooooo- | 22
3|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo+_____ | 3
21|ooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-_____ | 21
29|ooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo2_____ | 29
31|_ooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo1+_____ | 31
15|_oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo+_____ | 15
25|_ +oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-_____ | 25
11|_ -oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo+_____ | 11
14|_ +ooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo | 14
1|_ ---oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo | 1
16|_ -oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo | 16
18|_ -oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo | 18
Clk|_ | Clk
+---|-----|-----|-----+
11:43:30.000 15:00:00 18:00:00 20:40:00.000
2000 Feb 11 2000 Feb 11

```

GRUPO 4 – LITORAL 2000 - MARCO PARA DIA 38

```

SV+-----+ SV
9|-----CoomoCoCoCoCooCoCI----- | 9
26|-mComoCoomoCoC2I----- C++C++ | 26
10|+ICIII-----CooCoCooCoC2----- | 10
13|omComoCII----- | 13
27|omComoCo----- | 27
4|-----C++m+C+CoCoCo-- | 4
19|omCI+ | 19
8|omC+m+C++m+C+C | 8
7|ImComoCoomoCoC+ | 7
2|omComoCoomoC+ | 2
18|m+ | 18
5|_ -2ImIC;CoCoCooCoCooCoCo- | 5
24|-----IICoCoCoCooCoCo-- | 24
6|_ -oCoCooCoCooCoCoCo+C+C+m+ | 6
30|_ -CoCooCoCooCoCoCooC----- | 30
17|_ +C+C++CoCoCooCoCIImooCII----- | 17
25|_ +C+ICoCo-----IoCoCoComCoCoCoC--- | 25
23|_ -----CoCoCooCoComooCom-- | 23
22|_ -----2ICooCoComooC2----- +C+C+CC+C+C+ | 22
21|_ -----+CooCoComooComoCICoCII | 21
3|_ -----CoComooComoCoCoC2----- | 3
29|_ -----oComooComoCoCoCom-- | 29
31|_ +++ComoCoCoComC2----- +C +m++ | 31
15|_ -----+C+m+C+C+C+mC+C+C+C----- | 15
11|_ -----;CoCoComCoCoCoCCoC----- | 11
14|_ -----ICoCIImCoCoCoCCoCoCCoC- | 14
1|_ -----ComCoCoCoCCoCoCCIC+CC+ | 1
16|_ -----CoCoCCoCoCCoCoCCo2-- | 16
Clk|_ | Clk
+-----|-----|-----|-----|-----|-----+
00:01:15.000 23:59:59.964
1998 Feb 9 1998 Feb 9

```


GRUPO 4 – LITORAL 2000 - MARCO PARA DIA 41

```

SV+-----+ SV
13|omICImIC+_____^MCCoCoCmoII| 13
27|omICoCoCm_____+CoCCoCCoCoCmom-| 27
2|om;CoCoCoCIC_____--;CoCmoIo| 2
10|IIICoC_____;CoCooMoCoCo-| 10
8|omoCICoCoCoC-_____--CCoCoCmomI| 8
7|omICICoCoCoCoC_____--MmI| 7
26|omoCoCoCoCoCoC+_____CooCoC-| 26
9|_____oCoCoCoCoCoCoCoom_____+| 9
4|_____I-IoCoCoCoCoC-_____CoCoCC2CCI-| 4
5|_____CoCoCICoCoCoCoomoCoCo2_| 5
24|_____^CoCoCoCoCoCoom+_____-----| 24
6|_____CoCoCoCoomoCoCoCooCoCoC2_| 6
30|_____oCoCoCoomoCoCoCooC+_____| 30
17|_____+CoomoCoCoCooCoC;CoCoCI_____| 17
25|_____--moCoCoC+_____CoComoCoCoCCoC2_| 25
23|_____CoCoCooCoCoCoCoCoC+_____| 23
22|_____ICooCoCoCoCoC+_____mCoCCoCoCC--| 22
21|_____CooCoCoCoCoCoCoCom2C++_____| 21
3|_____IoCoCoCoCoCoComoC+_____| 3
29|_____2CoCoCoCoCoCoComoCm_____| 29
31|_____ICoCoCoComoCoCoC_____--C-MmIm| 31
15|_____CoCICoComoCoCoCCoCC_____| 15
11|_____CoComoCoCoCCoCCoC2+_____| 11
14|_____ComICICoCCoCCoCoCCoCC-_____| 14
1|_____^oCoCoCCoCCoCoCCoCCoC-_____| 1
Clk|-----|Clk
+-----+
00:01:15 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00 23:59:59.963
2000 Feb 10 2000 Feb 10

```

GRUPO 4 – LITORAL 2000 - MARCO PARA DIA 42

```

SV+-----+ SV
13|momIIm2m+_____--CCoCoCCoCo| 13
2|mIIIIImomICIC_____oCoCCoCo| 2
8|momImmImoCoC-_____oCCoCoCCoCm| 8
10|IIIm2+_____oCoC;CoCoCo-_____--;CCoCo| 10
7|IomIImomoCoC22_____oCo| 7
26|mImmoIImoCoCoC+_____CMmoC_____2| 26
9|_____momoCoCoCoCooCoC2C_____| 9
4|_____IIIIICoCoCoCooC_____CoCCICICC--| 4
5|_____moCoCICoCooCoCoCoC22_| 5
24|_____ICoCoCoCooCoCoC+_____-----| 24
6|_____^CoCooCoCoCoCoCooComoCoC+_____| 6
30|_____CoCooCoCoCoCoCooCom-_____| 30
17|_____+oCoCoCoCooComoCICoCoCI_____| 17
25|_____oCICoC2-_____oCCoCoCoCmoCoC+_____| 25
23|_____CoCooComoCoCoCoCo+_____| 23
22|_____C2IComoCoCoCoC+_____ICoCCoCCoC-| 22
21|_____^+ComoCoCoCoCooCCoCICI_____| 21
3|_____IoCoCoCoCooCCoCoC2_____| 3
29|_____^CoCoCoCooCCoCoCI_____| 29
31|_____^^CoCooCCoCoCoC+_____mC-MCI-| 31
15|_____--CoCooCCoCoCoCmoCoC^_____| 15
11|_____CCoCoCoCmoCoCCoC2_____| 11
14|_____CoCoCoCmoCoCCoCCoCoCC-_____| 14
1|_____CoCoCmoCoCCoCCoCoCCoC-_____| 1
Clk|-----|Clk
+-----+
00:01:15 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00
23:59:59.962
2000 Feb 11 2000 Feb 11

```


APÊNDICE I
COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÊNTRICAS

COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÊNTRICAS (X, Y, Z)

PONTO	X (m)	Y (m)	Z (m)
CEM1/PADRÃO	3.825.909,59989	-4.301.664,30508	-2.736.472,30332
TREV/PADRÃO	3.812.503,09951	-4.305.601,40528	-2.748.887,59875
TENG/PADRÃO	3.824.129,58579	-4.304.842,35261	-2.733.980,01000
RN2044/PADRÃO	3.789.094,51174	-4.373.783,90989	-2.675.340,64007
PT07/PADRÃO	3.788.917,56259	-4.376.080,46878	-2.671.704,99797
PT10/PADRÃO	3.789.860,84566	-4.375.226,96412	-2.672.181,21938
BSPG/PADRÃO	3.707.416,66305	-4.434.827,71471	-2.689.034,08532
BSSM/PADRÃO	3.661.144,89400	-4.415.124,99015	-2.765.468,90000
PT01/PADRÃO	3.705.644,40687	-4.415.364,39366	-2.722.990,06644
PT02/PADRÃO	3.705.593,22892	-4.415.364,67154	-2.723.058,87755
PT03/PADRÃO	3.674.532,86160	-4.425.715,41566	-2.747.353,98570
PT04/PADRÃO	3.674.507,84228	-4.425.964,66842	-2.747.492,46644
CEM1/37/A	3.825.909.88144	-4.301.664,56999	-2.736.471,75905
CEM1/37/B	3.825.909.72306	-4.301.664,39192	-2.736.472,38582
CEM1/37/C	3.825.909.68565	-4.301.664,39522	-2.736.471,37238
CEM1/37/D	3.825.909.72306	-4.301.664,39192	-2.736.471,38582
CEM1/41/A	3.825.909.66459	-4.301.664,33583	-2.736.471,32976
CEM1/41/B	3.825.909.66459	-4.301.664,33583	-2.736.471,32976
CEM1/41/C	3.825.909.59797	-4.301.664,30989	-2.736.471,32366
CEM1/41/D	3.825.909.66473	-4.301.664,33599	-2.736.471,32954
CEM1/38/A	3.825.909.63144	-4.301.664,13870	-2.736.471,32462
CEM1/38/B	3.825.909.63144	-4.301.664,13870	-2.736.471,32462
CEM1/38/C	3.825.909.62596	-4.301.664,28861	-2.736.471,31595
CEM1/38/D	3.825.909.98893	-4.301.664,85832	-2.736.471,75628
CEM1/38/E	3.825.915,17201	-4.301.664,35734	-2.736.472,38946
CEM1/41/A	3.825.909.76628	-4.301.664,51484	-2.736.471,45580
CEM1/41/B	3.825.909.76628	-4.301.664,51484	-2.736.471,45580
CEM1/41/C	3.825.909.76438	-4.301.664,40222	-2.736.471,43192
CEM1/41/D	3.825.909.76637	-4.301.664,51494	-2.736.471,45552
CEM1/41/E	3.825.909.76343	-4.301.664,41548	-2.736.471,43642
CEM1/42/A	3.825.909.64576	-4.301.664,40915	-2.736.471,35512
CEM1/42/B	3.825.909.64576	-4.301.664,40915	-2.736.471,35512
CEM1/42/C	3.825.909.67510	-4.301.664,37831	-2.736.471,34864
CEM1/42/D	3.825.909.64576	-4.301.664,40915	-2.736.471,35512
CEM1/42/E	3.825.909.69727	-4.301.664,45490	-2.736.471,38821
RN2044/230/A	3.789.095,17572	-4.373.784,53820	-2.675.341,11705
RN2044/230/B	3.789.095,75710	-4.373.783,83941	-2.675.340,69296
RN2044/230/C	3.789.094,57292	-4.373.783,82868	-2.675.340,68816
RN2044/230/D	3.789.094,57521	-4.373.783,83731	-2.675.340,69223
RN2044/230/E	3.789.094,61113	-4.373.783,89376	-2.675.340,72304
PT07/230/A	3.788.918,27137	-4.376.081,30583	-2.671.705,53164
PT07/230/B	3.788.917,79627	-4.376.080,36613	-2.671.705,05770
PT07/230/C	3.788.917,57453	-4.376.080,49715	-2.671.705,02407
PT07/230/D	3.788.917,56696	-4.376.080,51585	-2.671.705,03749

PT07/230/E	3.788.917,63025	-4.376.080,56151	-2.671.705,06159
PT10/230/A	3.789.861,55594	-4.375.228,79889	-2.672.181,74949
PT10/230/B	3.789.860,88590	-4.375.227,02287	-2.672.181,26987
PT10/230/C	3.789.860,88427	-4.375.227,03398	-2.672.181,25857
PT10/230/D	3.789.860,89261	-4.375.227,04404	-2.672.181,27312
PT10/230/E	3.789.860,90449	-4.375.227,06129	-2.672.181,27152
PT01PG/160/A	3.705.644,39062	-4.415.364,37126	-2.722.990,05140
PT01PG/160/B	3.705.644,39034	-4.415.364,37050	-2.722.990,05069
PT01PG/160/C	3.705.644,39539	-4.415.364,37042	-2.722.990,05562
PT01PG/160/D	3.705.644,34729	-4.415.364,30659	-2.722.990,01390
PT02PG/160/A	3.705.593,15678	-4.415.364,59645	-2.723.058,83055
PT02PG/160/B	3.705.593,15678	-4.415.364,59645	-2.723.058,83055
PT02PG/160/C	3.705.593,17661	-4.415.364,61790	-2.723.058,84373
PT02PG/160/D	3.705.593,24499	-4.415.364,70199	-2.723.058,89527
PT03PG/162/A	3.720.736,74913	-4.425.229,39027	-2.671.353,68196
PT03PG/162/B	3.674.532,25829	-4.425.715,56649	-2.747.353,00016
PT03PG/162/C	3.674.532,31826	-4.425.715,63247	-2.747.353,04487
PT03PG/162/D	3.674.532,27258	-4.425.715,57439	-2.747.353,00696
PT04PG/162/A	3.674.507,82015	-4.425.964,65441	-2.747.492,45798
PT04PG/162/B	3.674.507,81964	-4.425.964,65467	-2.747.492,45825
PT04PG/162/C	3.674.507,88924	-4.425.964,73589	-2.747.492,50353
PT04PG/162/D	3.674.509,38629	-4.425.966,53081	-2.747.493,63558